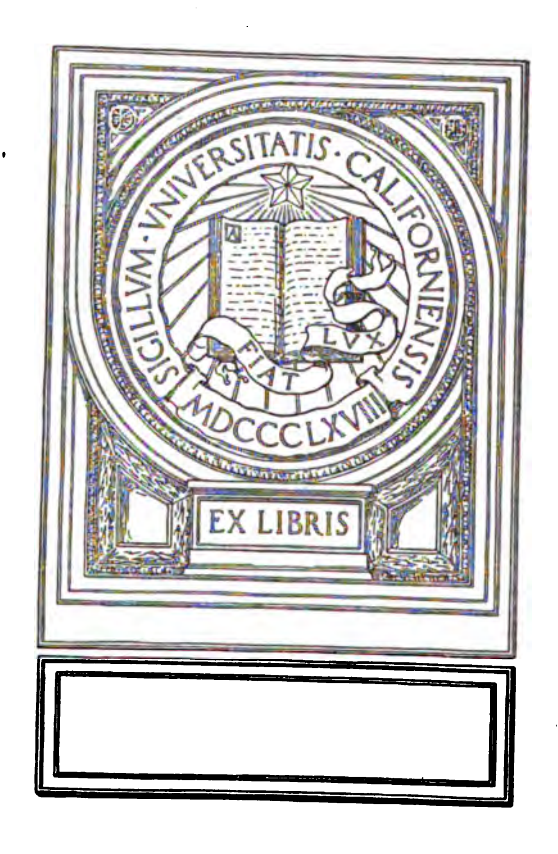
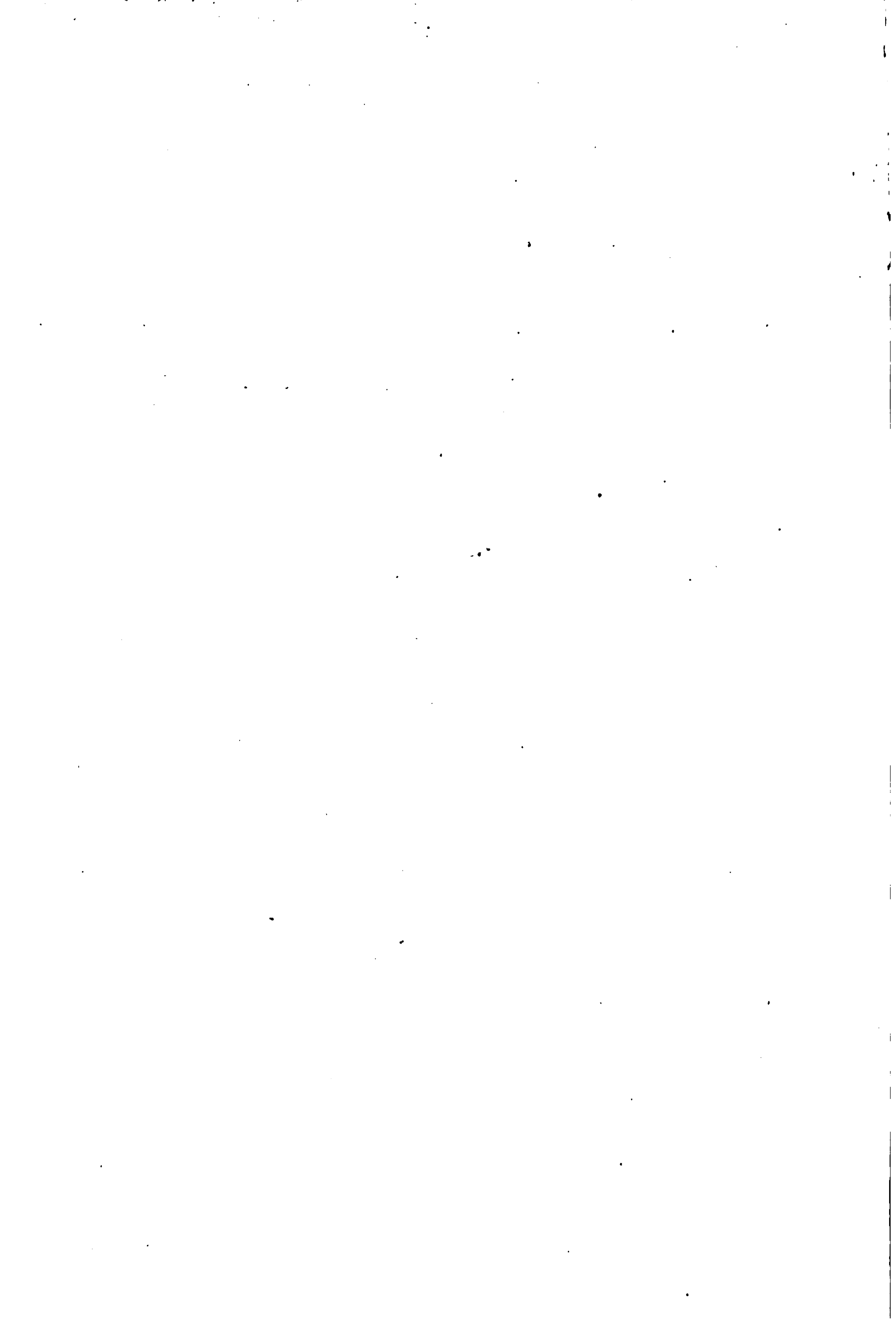



SIGILLVM · VNIVERSITATIS · CALIFORNIENSIS
LVX
FIAT
MDCCCLXVIII
EX LIBRIS



THEORIE UND GESCHICHTE

DES

PHOTOGRAPHISCHEN OBJEKTIVS

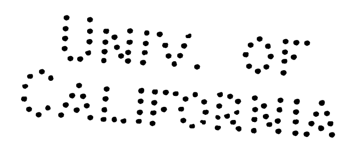
NACH QUELLEN BEARBEITET

VON

MORITZ VON ROHR

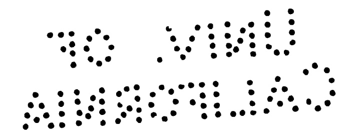
DR. PHIL., WISSENSCHAFTLICHEM MITARBEITER DER OPTISCHEN WERKSTÄTTE
VON CARL ZEISS IN JENA

MIT 148 TEXTFIGUREN UND 4 LITHOGRAPHIRTEN TAFELN





BERLIN
VERLAG VON JULIUS SPRINGER
1899



Druck von Oscar Brandstetter in Leipzig.

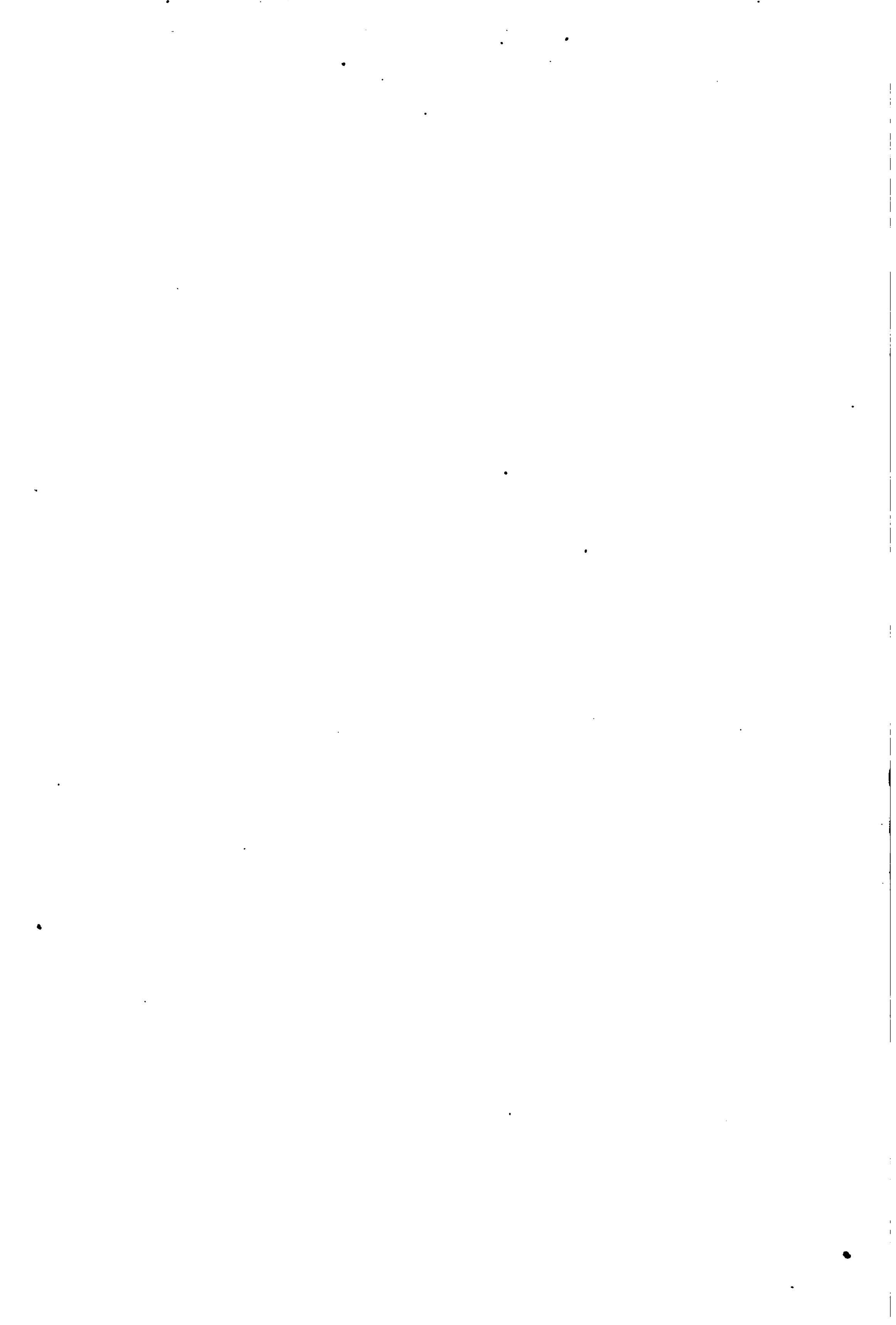
HERRN PAUL RUDOLPH ZU JENA

IST DIESES BUCH

ALS EIN ZEICHEN PERSÖNLICHER ANHÄNGLICHKEIT

UND SACHLICHER WÜRDIGUNG SEINER LEISTUNGEN

GEWIDMET.



Vorwort.

Wenn auf den nachstehenden Seiten der Versuch gemacht ist, die Theorie und die geschichtliche Entwicklung des photographischen Objektivs eingehender zu behandeln, so bedarf das wohl keiner ausführlicheren Rechtfertigung. Viel Zeit und Mühe ist von Konstrukteuren photographischer Objektive, wie auch von einer ganzen Reihe von Autoren theoretischer Arbeiten ganz unnöthig aufgewandt worden, um längst Bekanntes wieder aufzufinden; ebenso ist in den vorhandenen, theilweise sehr eingehenden Beschreibungen gangbarer photographischer Objektive eine Verfolgung des Werdegangs des photographischen Objektivs und seiner theoretischen Behandlung nur in beschränktem Maasse zu finden.

Demgegenüber habe ich versucht, möglichst alles aufzufinden, was über die Entstehung, die Eigenschaften und das Schicksal der bisher vorgeschlagenen Objektivtypen bekannt geworden ist, und biete es nun in einer chronologisch, sowie nach den mitwirkenden drei Hauptnationalitäten geordneten Darstellung den interessirten Kreisen als eine *Geschichte des photographischen Objektivs* dar. Ich habe geglaubt, derselben einen theoretischen Theil vorausschicken zu sollen, der selbständigen Wert nicht beansprucht, aber zur genauen Definition der Begriffe und zur Einführung der Fachausdrücke dienen soll. Es sei hier bemerkt, dass ich die Einleitung dieses Theiles durch den Abschnitt über die allgemeinen Lage- und Grössebeziehungen infolge einer Besprechung mit Herrn S. Czapski abgefasst habe.

Was die Geschichte selbst angeht, so habe ich mich bemüht, stets auf die Quellen zurückzugehen, um authentische Angaben

machen zu können, und ich habe ferner Werth darauf gelegt, die im Laufe der Zeit hervorgetretenen Neukonstruktionen einer unparteiischen Beurtheilung zu unterziehen.

Wohl bin ich mir bewusst, dass ich beiden Zielen nur nachgestrebt habe, aber sie nicht erreichen konnte. Denn was das Studium des Gegenstandes betrifft, so habe ich ihm nur die Mussestunden widmen können, die mir in den letzten drei Jahren neben der Einarbeitung in eine mir ganz neue Thätigkeit und neben dem mir natürlich in erster Linie stehenden produktiven Weiterarbeiten auf dem betreffenden Gebiet übrig blieben. So kann es leicht geschehen sein, dass mir trotz allen Suchens manche wichtige Veröffentlichung entgangen ist, oder dass jetzt, wo ich die Arbeit aus äusseren und inneren Gründen zu einem vorläufigen Abschluss bringen muss, noch an manchen Stellen mündliche Ueberlieferung vorhanden ist, die über dunkle Punkte Aufklärung geben könnte. Besonders in der Behandlung der französischen und der amerikanischen Photo-Optik hat mich die Unzulänglichkeit meiner Quellen merklich behindert, die wünschenswerthe Klarheit zu schaffen. Ich darf daher vielleicht gleich hier aussprechen, dass ich es mit Dank begrüssen würde, wenn Solche, die im Besitz irgend welcher mir unbekannt gebliebener Daten sind — seien es nun von mir übersehene Publikationen oder nähere Angaben über die mir nicht genauer bekannt gewordenen Objektivtypen, oder endlich solche Objektive *in natura*, die einer Ausmessung und experimenteller wie rechnerischer Prüfung unterzogen werden können — mich auf solche hinweisen, bez. mir dieselben für einige Zeit zur Verfügung stellen wollten. Hierher gehören ferner öffentliche oder private Berichtigungen von sinnstörenden Druckfehlern bei der Angabe von Konstruktionsdaten, sowie Hervorhebung von etwa vorgekommenen Irrthümern in den Zeichnungen der Objektivtypen oder den Kurvendarstellungen; denn nur durch eine derartige Mitarbeit seines Leserkreises kann ein Autor die schwachen Stellen seines Werkes allmählich kennen lernen und verbessern.

Gegen meine Befähigung zur Erreichung des andern mir gesteckten Zieles, möglichster Unparteilichkeit in der Beurtheilung der Leistungen Anderer, wird in den Augen vieler ohne weiteres der Umstand sprechen, dass ich einer auf dem hier behandelten

Gebiet konkurrirenden Werkstätte als Mitarbeiter angehöre, mithin auf Grund meiner nahen persönlichen Beziehungen zu den hierselbst thätigen Männern von vornherein als befangen zu gelten habe. Ich kann demgegenüber nur die Versicherung abgeben, dass es vom Beginn der Arbeit an mein aufrichtiges Bestreben gewesen ist, weder Andere noch mich selbst zu täuschen oder täuschen zu lassen. Um zu einem möglichst objektiven Urtheil über die Leistungen der verschiedenen Konstruktionen zu kommen, habe ich diese — soweit überhaupt genaue Daten erhältlich waren — einer eingehenden und überall gleichartigen rechnerischen Durcharbeitung unterworfen, so dass die in den Tafeln am Schlusse der Arbeit auf Grund dieser Rechnungen gegebenen graphischen Darstellungen dem Leser eine weitgehende Kontrolle meiner Behauptungen ermöglichen. Was aber meine Zugehörigkeit zu einer selbst auf diesem Felde thätigen Werkstätte betrifft, so darf ich vielleicht hoffen, dass die dadurch etwa verursachte — in irgend einer Form übrigens wohl stets vorhandene — Befangenheit einigermassen aufgewogen wird durch den reicheren Zufluss von Kenntnissen, Hilfsmitteln, Gesichtspunkten für kritische Beurtheilung, den eine solche Beziehung direkt oder indirekt mit sich bringt.

Ermöglicht wurde mir die Durchführung der ganzen Arbeit nur durch die entgegenkommende Hilfsbereitschaft, die ich auf vielen Seiten gefunden habe.

Meine historischen Studien empfingen die wichtigste Unterstützung durch die liebenswürdige Darleihung eines vollständigen Exemplares von *The British Journal of Photography*, durch die mich Herr John Stuart-London verpflichtet hat. Erst infolge der dadurch ermöglichten vorläufigen Information bin ich im Stande gewesen, bei meinem Sommeraufenthalt in London 1897 aus dem nicht genug zu rühmenden Entgegenkommen der damals in den Händen des Herrn R. Child Bayley befindlichen Bibliotheksverwaltung der *Royal Photographic Society* vollen Nutzen zu ziehen. Andere Darleihungen wurden mir von den Herren G. Aarland-Leipzig, J. Schnauss-Jena und K. Schwier-Weimar zu Theil. Für kleinere, an den betreffenden Stellen aufgeführte Mittheilungen bin ich den Herren R. H. Bow-Edinburgh, W. Cornelius-Berlin,

S. Czapski-Jena, R. Spranger-Steglitz, R. Steinheil-München, J. Stuart-London und R. Toepfer-Jena verpflichtet.

Die Beschaffung des rechnerisch ermittelten Materials ermöglichte mir die Liberalität des Vorstandes der Firma Carl Zeiss, insofern als ich das Personal von deren Rechenbureau zeitweilig für meine Arbeiten verwenden konnte. Ich empfinde es als ein Bedürfniss, hier Herrn A. Lautsch, dem unermüdlichen, sorgsamen Mithelfer meiner Arbeit, noch besonders meinen herzlichen Dank zu sagen.

Während der Drucklegung hatte ich mich der Hilfsleistung der Herren S. Czapski, A. König und P. Rudolph zu erfreuen, von denen besonders der erstgenannte trotz starker Beanspruchung durch Berufsgeschäfte sich die Mühe nicht hat verdriessen lassen, die Korrekturen mit äusserster Sorgfalt zu lesen. Wenn es gelungen ist, das Buch von Härten, Unklarheiten und Druckfehlern einigermassen zu befreien, so ist das seinen Bemühungen in hohem Maasse zuzuschreiben.

Jena, im September 1899.

Moritz von Rohr.

Inhaltsverzeichniss.

(Die Ziffern beziehen sich auf die Seitenzahlen.)

I. Theoretischer Theil.

A. Allgemeine Grösse- und Lagebeziehungen.

Annahme centrirter Systeme. 3. — Voraussetzung einer eindeutigen Abbildung mittels geradliniger Strahlen. 4. — Unabhängigkeit der Sammelwirkung von der Bewegungsrichtung des Lichtes. 5. — Allgemeine Konstruktion konjugirter Punkte. 6. — Die Aequivalentbrennweite. 7. — Ableitung wichtiger metrischer Relationen zwischen der Brennweite einerseits und Grösse und Abstand von Objekt und Bild anderseits. 8.

B. Der wirkliche Strahlengang.

Die Stahlenbegrenzung im allgemeinen. 10.

a. Die unendlich enge Blende in ihrer Einwirkung auf Lichtvertheilung, Gesichtsfeld und Perspektive.

Einführung der Begriffe Aperturblende und Pupillen. 12. — Die Lichtvertheilung. 13. — Das Gesichtsfeld. 14. — Die Perspektive. 14. — Der richtige Abstand bei der Betrachtung photographischer Aufnahmen. 16.

b. Die Aperturblende endlicher Oeffnung und ihre Einwirkung auf Helligkeit und Tiefe.

Die Abnahme der Helligkeit nach dem Bildrande infolge der Abblendung durch die Fassung. 19. — Verschiedene Theile des Gesichtsfeldes je nach der Apertur der abbildenden Büschel. 20. — Perspektive. 21. — Die Tiefenschärfe bei Objektiven mit ebenem Bildfelde. 22. — Die Tiefenschärfe bei Objektiven mit konkavem Schärfenfelde. 24.

C. Die Abweichungen von dem idealen Strahlengange.

Allgemeine Einführung der Aberrationen. 25.

1. Die sphärischen Aberrationen im weiteren Sinne.

a. Die Aberrationen von Axenpunkten (sphärische Aberration im engeren Sinne).

Sphärische Aberrationen bei einfachen Sammellinsen. 27. — Sphärische Aberrationen bei einfachen Zerstreuungslinsen. 28. — Sphärisch korrigirte Systeme aus Sammel- und Zerstreuungslinse. 28. — Sphärische Zonen. 29. — Abnahme des Oeffnungsverhältnisses bei langbrennweitigen Objektiven infolge Auftretens des Zerstreuungsscheibchens. 29. — Einstellungsdifferenz. 30. — Methode der graphischen Darstellung der Zonen. 31. — Die Aenderung des Korrektionszustandes der sphärischen Aberration bei aplanatischen Systemen durch axiale Verschiebung des Objektpunktes. 32.

b. Die Aberrationen nahe der Axe (Abweichungen von der Erfüllung der Sinusbedingung).

Die Einführung der Abbe'schen Sinusbedingung im Idealfalle eines von sphärischen Aberrationen freien Systems. 34. — Aplanatische Punkte. 35. — Zonen in der Erfüllung der Sinusbedingung. 35. — Die graphische Darstellung der Erfüllung der Sinusbedingung. 36.

Die Abbildung von Punkten in endlichem Abstande von der Axe. 36.

c. Die Abbildungsfehler in schiefen Büscheln hinsichtlich der Schärfe (Astigmatismus, Koma).

α. Der Astigmatismus (Fehler bei der Abbildung seitlich der Axe gelegener Punkte durch unendlich enge Büschel).

Astigmatische Deformation infolge der Eigenschaften eines Normalenbüschels. 38. — Beschreibung der astigmatischen Deformation nach J. B. Sturm. 38. — Die Lage der Brennlinien beim photographischen Objektiv. 40. — Folgen der astigmatischen Deformation für die Bildqualität. 41. — *Circle of least confusion*. 42. — Astigmatische Punktdeformation. 43. — Die astigmatischen Bildflächen. 43. — Astigmatische Differenzen und die Methode ihrer Darstellung nach P. Rudolph. 44. — R. H. Bow's Darstellung der astigmatischen Flächen. 45. — Korrektion des Astigmatismus und astigmatische Zonen. 45.

β. Die Koma (Fehler bei der Abbildung seitlich der Axe gelegener Punkte durch endlich geöffnete Büschel). 46.

d. Die Abbildungsfehler hinsichtlich des Ortes der Strahlenvereinigung schiefer Büschel (Bildfeldkrümmung).

Ausgleichende Einstellung. 48. — Bildfeldkrümmung alter Objektive. 48. — Bildfeldebenung im übertragenen Sinne. 49. — Anastigmatische Bildfeldebenung. 50.

e. Die Abbildungsfehler hinsichtlich der Aehnlichkeit des Bildes (Verzeichnung, Distortion).

Definition der Orthoskopie ohne Rücksicht auf andere Bildfehler. 51. — Die Erscheinungsformen der Distortion. 52. — Abhängigkeit von Neigung der Hauptstrahlen und Objektentfernung. 52. — AIRY'sche und BOW-SUTTON'sche Bedingung. 53. — Praktisch verzeichnungsfreie Objektive. 54. — Theoretisch verzeichnungsfreie Objektive. 54. — Konjugirte Ebenen mit annähernder Orthoskopie. 55. — Eintheilung der Objektivtypen nach der Blendenstellung. 55.

Die fünf sphärischen Abbildungsfehler L. SEIDEL's und die Unmöglichkeit ihrer gänzlichen Hebung in einem photographischen Objektiv. 56.

2. Die chromatischen Aberrationen.

a. Die chromatischen Aberrationen der Axenstrahlen. Das sekundäre Spektrum.

Chromatische Aberration von einfachen Sammellinsen (Unterkorrektion). 57. — Chromatische Aberration von einfachen Zerstreuungslinsen (Ueberkorrektion). 58. — Chromatische Korrektion dünner Linsen; Durchbiegen. 58. — Achromasie für zwei Farben, sekundäres Spektrum. 59. — Optische Achromasie. 61. — Rein aktinische Achromasie. 62. — Photographische oder aktinische Achromasie. 63.

b. Chromatische Korrektion unter Berücksichtigung der Dicken.

Achromasie der Brenn- und Schnittweiten (stabile Achromasie). 64. — Chromatische Differenz der sphärischen Aberrationen. 65.

D. Anhang.

a. Theorie der Umkehrapparate.

***α.* Der ebene Metallspiegel in seiner Anwendung zur Bildumkehrung.**

Ausrichtung des Spiegels. 69. — Die Spiegelfassung als Gesichtsfeldblende. 69.

***β.* Das Umkehrprisma.**

Versilberung der Hypotenusenfläche. 70. — Die einmalige Spiegelung der Hauptstrahlen. 70. — Die doppelte Spiegelung der Hauptstrahlen. 72. — Doppelte Spiegelung in endlich geöffneten Büscheln. 73. — Prismenaberration. 74.

b. Besondere, für die photographischen Objektive wichtige Verhältnisse.

***α.* Die katadioptrischen Störungserscheinungen.**

Beschränkung auf Störungen durch doppelte Reflexion. 74. — Anzahl der Nebenbilder erster Ordnung. 75. — Die Entstehung der Nebenbilder

leuchtender Punkte bei Objektiven endlicher Oeffnung. 76. — Lichtfleck, Nebenbild und Blendenfleck. 78.

β. Die Lichtverluste durch Reflexion und Absorption.

Reflexionsverluste unter Beschränkung auf einmalige Spiegelung. 79. — Die Absorptionsverluste. 80.

II. Historischer Theil.

Bemerkungen zu der historischen Darstellung. 82.

A. Der Stand der Camera obscura-Optik zur Zeit der Erfindung der Photographie.

Einfache *Camera obscura* auch als Schaukasten verwandt. 83. — Bildumkehrung durch Spiegel. 84. — J. Harris, *Treatise of Optics*. 85. — W. H. Wollaston's Verbesserung des Objektivs. 87. — W. H. Wollaston's französische Nachfolger: 1. R. Cauchois. 89. — 2. V. Chevalier. 89. — G. B. Airy, *On the spherical aberration of the eye-pieces of telescopes*. 91. — W. R. Hamilton's charakteristische Funktion. 92. — E. v. Leyser, *Camera obscura*-Objektiv. 92.

B. Die französisch-italienische Optik.

1. Die Zeit bis zum Erscheinen des Petzval'schen Portraitobjektivs.

Ch. Chevalier. 93. — Die französische Landschaftslinse. 93. — Neuerungen am photographischen Apparat. 94. — Ch. Chevalier's *Objectif à verres combinés*. 95. — Die Umkehrsysteme und die Irisblende. 97. — Die optische Leistung des Chevalier'schen Objektivs. 97. — Die Objektive Ch. Chevalier's und J. Petzval's vor der *Société d'encouragement*. 98. — Das allmähliche Vordringen des Petzval'schen Portraitobjektivs in Frankreich. 99. — Die Lecchi'sche Spiegel-Kamera. 101.

2. Die Zeit bis zur Einführung des Steinheil'schen Aplanaten.

a. Die Entwicklung der Ansichten über die chromatische Korrektion der Photographenobjektive.

Die Fokusdifferenz der alten Objektive. 101. — A. F. J. Claudet. 102. — Aufhebung der Fokusdifferenz durch N. P. Lerebours. 102. — Der Streit zwischen Ed. Becquerel und L. Foucault und H. Fizeau über die aktinische

Wirkung verschiedenfarbigen Lichts. 103. — Das Ross-Claudet'sche Focimeter. 104. — Die Entdeckung der Einstellungsverschiedenheit desselben Objektivs bei der Daguerreotypie und beim Kollodiumverfahren. 105.

b. Die französischen Theoretiker.

Die französische Optik ohne Fühlung mit der Wissenschaft. 105. — P. Breton (de champ). 106. — Allgemeine Behandlung des Astigmatismus. 107. — Astigmatismus der einfachen Einzellinse. 107. — Astigmatismus einer beliebig zusammengesetzten dünnen Einzellinse. 108. — Behandlung der Tiefenschärfe. 108. — I. Porro's Leben. 109. — Theoretische Ansichten im allgemeinen. 110. — Mittheilungen über einzelne Konstruktionstypen und Rechnungsmethoden. 111. — Das Phozometer. 112. — *Objectif anallatique à trois verres.* 113. — *Objectif sthénallatique.* 114. — *Objectif bidouble spécial.* 115. — *Objectiv panoramique.* 115. — A. Forti's theoretische Arbeiten. 116.

c. Kleinere Konstruktionsänderungen und Neuerungen.

Die französische Fachpresse. 116. — Jamin's Modifikation des Petzval'schen Portraitobjektivs. 117. — Der Streit A. Bertsch-Ch. Chevalier über den Werth der deutschen Objektive. 118. — Die Landschaftslinse J. Petzval's. 119. — Das Vergrösserungs-(Tele-)System des Abbé .. Torné. 120. — Blendenkonstruktionen von Maugey und Quinet. 121. — E. Derogy's Satz. 121. — Die Bewerbung um den Bordin'schen Preis. 121. — Der Darlot'sche Objektivsatz. 122. — Rückblick auf den vergangenen Zeitraum. 123.

3. Die Zeit bis zum Erscheinen des neuen Glases.

D. van Monckhoven's photographische Optik. 124. — Theoretischer Theil. 124. — Stellung zu den photographischen Objektiven seiner Zeit. 125. — D. van Monckhoven's Beziehungen zu A. Steinheil. 125. — F. Teynard's Rechnungen. 126. — A. Prazmowski. 127. — *Sur l'achromatisme chimique.* 127. — *Nouveaux objectifs photographiques.* 128. — *Présentation d'un nouvel objectif.* 128. — E. Derogy's Zwischenprisma. 128. — É. Français' Satz. 129. — de la Noë's Ausgleichsblende. 129. — de Chardonnet's Durchlässigkeitsuntersuchungen. 129. — Staatspreis für die Objektivkonstruktionen. 130. — A. de la Baume-Pluvinel's Methode der Brennweitenbestimmung. 130. — Rückblick. 131.

4. Die Zeit der modernen Objektivkonstruktionen.

P. Moëssard's *volume focal*, *tourniquet* und *cylindrographe.* 131, 132 und 133. — Ch. Fabre's *Traité encyclopédique.* 133. — E. Wallon über photographische Optik. 134. — Die Anastigmate. 135. — Ch. Fabre's Vortrag. 135. — Ad. Martin's Leben. 136. — *Détermination des courbures.* 136. — Wirkung der Arbeit. 138. — *Méthode directe.* 138. — E. Wallon's *choix et usage.* 139. — *Lentille d'Étude.* 140. — Die französische theoretische Optik. 140. — Der neueste Stand der konstruktiven Optik in Frankreich. 141. — Objektivprüfungsmethoden. 142. — Rückblick auf die französische Optik. 143.

C. Die englisch-amerikanische Optik.

1. Die Zeit bis zum Erscheinen des Petzval'schen Portrait-objektivs.

J. Th. Towson über die aktinische Einstellung unachromatischer Linsen. 144. — Erste amerikanische Photographen. 145. — Spiegelkameras von A. J. Wolcott und R. Hodgson. 146. — Th. Davidson über die Einzellinse. 147. — A. Ross. 148. — Aktinische Achromasie mit Hilfe des Focimeters. 149. — Ross'sches Doublet. *Collen Lens.* 150. — Der Stand der englischen photographischen Optik zur Zeit der Einführung des Petzval-Objektivs. 151.

2. Die Zeit bis zur Erfindung des Steinheil'schen Aplanaten.

a. Die Zeit bis zur Einführung des Petzval'schen Landschafts-objektivs (Orthoskops).

Dürftigkeit der Quellen. 151. — A. Ross' symmetrisches Doublet und gleichzeitige Konstruktionen. 152. — Untersuchungen verschiedener Kitte auf Absorption. 153. — G. S. Cundell: *On the practice of the calotype process.* 153. — *On a combination of lenses.* 154. — J. T. Goddard's symmetrisches Objektiv. 154. — Fr. Scott Archer's Aenderungen am Petzval-Objektiv: Blendenstellung. 155. — Zusatzlinsen. 155. — Fr. Scott Archer's Flüssigkeitslinsen. 155. — Die Gründung der englischen Fachpresse. 156. — Die Prüfungsvorrichtungen für Fokusdifferenz. 157. — J. E. Mayall's Sternblende. 158. — J. B. Dancer's Rotations- und Schieberblenden. 158. — M. Noton's regulirbare Blende. 159. — Th. Davidson's Satzobjektiv. 159. — P. Pretsch's Vortrag über J. Petzval's Landschaftsobjektiv. 160. — F. H. Wenham's achromatisirtes Periskop. 160. — Besprechungen von Th. Sutton und A. Ross. 161. — Petzval's Würdigung in England und seine Einwirkung auf die dortige Optik. 161. — G. Shadbolt's orthographische Kamera. 162.

b. Die Blüthezeit der englischen Optik bis zur Erfindung des Steinheil'schen Aplanaten.

α. Die neuen Objektivtypen und Aenderungen am photographischen Apparat.

J. T. Goddard's Modifikationen der Petzval'schen Landschaftslinse. 163. — Th. Grubb's photographische Neuerungen. 164. — *Aplanatic lens.* 165. — Unhaltbarkeit des Patentes. 166. — J. Waterhouse's Einsteckblenden. 167. — W. J. Read's schiefgestellte Blende. 167. — Der Wettlauf nach dem verzeichnungsfreien Objektiv. 168. — J. Rothwell's Princip. 169. — Th. Sutton's *triplet.* 169. — J. H. Dallmeyer's *triple achromatic lens.* 169. — Th. Ross' *actinic triplet.* 170. — Th. Sutton's *panoramic lens.* 170. — Das *butterfly diaphragm.* 172. — Die Verzeichnung beim Gebrauch der *panoramic lens.* 173. — C. C. Harrison und Schnitzer's *globe lens.* 174. — C. B. Boyle's *ratio lens.* 176. — Th. Ross' *doublet.* 177. — J. H. Dallmeyer's *rapid landscape lens.* 178. — J. Zentmayer's Objektiv. 178. —

H. MORTON über den ZENTMAYER'schen Satz. 180. — J. H. DALLMEYER's einfache Triplets. 180. — W. WRAY's Korrektion des sekundären Spektrums. 181.

β. Die in der Blüthezeit auftretenden Praktiker und Theoretiker.

JAMES T. GODDARD. 181—183. — Praktische und theoretische Untersuchung des Bildfeldes der einfachen Landschaftslinse. 181. — Theoretische Behandlung des Astigmatismus. 182. — Theoretische Behandlung der Verzeichnung. 182. — Praktische Prüfung von Systemen. 183. — Rückblick. 183. — THOMAS GRUBB. 183—189. — Leben. 183 und wissenschaftliche Stellung. 184. — Der Blendenort für die einfache Landschaftslinse. 185. — Tiefe der Schärfe und relative Oeffnung. 185. — Unterscheidung zwischen Brenn- und Schnittweite. 186. — und zwischen objektseitigem und bildseitigem Winkel. 186. — Prüfung auf Verzeichnung. 186. — Feststellung der wahren Oeffnung und der absoluten Lichtstärke. 187. — Unabhängigkeit der Perspektive von der Form der Auffangfläche. 187. — Lichtabnahme nach dem Rande. 188. — Achromasie und Beugungswirkung. 188. — Rückblick. 188. — Die Werkstätte von A. ROSS. 189—190. — Das Zusammenarbeiten von THOMAS ROSS und J. H. DALLMEYER zu Lebzeiten von ANDREW ROSS. 189. — J. ROTHWELL's Theorem. 189. — Trennung der Schwäger. 190. — JOHN HENRY DALLMEYER. 190—192. — Wissenschaftliche Anlehnung? 190. — Das *triplet*. 191. — Ansichten über Distortion. 191. — Einführung des verzeichnungsfreien Triplets. 191. — Die *rapid landscape lens*. 192. — THOMAS ROSS. 192—193. — Beziehung zu TH. SUTTON. 192. — Herstellung der *panoramic lens*. 192. – *Actinic triplet*. 193. — ROSS' *doublet*. 193. — THOMAS SUTTON. 194—200. — Leben. 194. — Charakter. 194. — Das Bild der einfachen Landschaftslinse. 195. — Die chromatische Korrektion der einfachen Landschaftslinse. 196. — Die Anregung durch J. ROTHWELL's Princip: das *triplet*. 196. — Die *panoramic lens* und ihre Ableitungen. 197. — Aufstellung der BOW-SUTTON'schen Bedingung der Verzeichnungsfreiheit. 198. — Anwendung des Satzes auf die dünne Landschaftslinse. 198. — Die Reflexbilder. 199. — Rückblick. 199. — ROBERT HENRY BOW. 200—207. — Stellung in der photographischen Optik. 200. — Graphische Konstruktion konjugirter Punkte. 201. — Theorie der Verzeichnung der Einzellinse und der Korrektion im symmetrischen Doppelobjektiv. 202. — Streng ähnliche Reproduktionen mit Einzellinsen. 203. — Ausgleichung des Lichtabfalls nach dem Rande durch absorbirendes Material. 204. — durch Blendvorrichtungen. 205. — Astigmatismus und Bildfeldkrümmung. 205. — Die Lochkamera. 206. — J. ROTHWELL. 207. — J. E. HILGARD's Untersuchung eines symmetrischen Objektivs auf Verzeichnung. 207. — *Anonymus T. H.* über Perspektive und Tiefe. 208. — Rückblick. 209.

3. Die Zeit bis zum Erscheinen des neuen Glases.

Der STEINHEIL'sche Aplanat. 210. — J. H. DALLMEYER's Patent. 210. — Die Einführung des Aplanaten nach England. 211. — D. VAN MONCKHOVEN's Stellungnahme. 212. — Die späteren Prioritätsstreitigkeiten 1874 und 1890. 213. — Das *wide angle rectilinear*. 214. — Die Modifikation des PETZVAL'schen Portraitobjektivs. 215. — Sphärische Aberration und Tiefen-

schärfe. 216. — Der Blendenfleck. 217. — Rückblick auf J. H. DALLMEYER. 218. — G. W. WEBSTER's Vorschlag einer einheitlichen Blendenbezeichnung. 219. — Modifikationen von W. E. DEBENHAM und TH. R. DALLMEYER. 220. — Der Widerspruch gegen den wahren Blendendurchmesser. 220. — Der Rückgang des photographischen Interesses. 221. — J. TRAILL TAYLOR. 221. — Amerikanische Optik: J. ZENTMAYER und H. MORTON. 222. — H. MORTON über Verzeichnung. 223. — J. ZENTMAYER's Vortrag über Optik. 224. — R. MORRISON's Modifikation der *globe lens*. 225. — Weitwinkel. 225. — Gruppenobjektiv. 226. — J. A. KNAPP's Korrektor. 226. — Die allmähliche Hebung des photographischen Interesses. 226. — Satzobjektive und Normalfassung. 227. — TH. FURNELL's Satzobjektive. 227. — W. ACKLAND's Modifikation. 228. — J. TRAILL TAYLOR's Verzeichnungskorrektion. 229. — H. SCHROEDER's Eintritt in die Ross'sche Werkstätte. 229. — TH. R. DALLMEYER's *rectilinear landscape lens*. 230. — Objektivprüfungen von TH. R. DALLMEYER, W. K. BURTON und L. DARWIN. 231. — E. GUNDLACH's Einzellinse und Rektigraph. 231. — A. G. CLARK's Doppelobjektiv. 232. — Rückblick. 232.

4. Die Zeit der modernen Objektivkonstruktionen.

Interesse am Jenaer Glase zur Hebung des sekundären Spektrums. 233. — H. SCHROEDER's *concentric lens*. 234. — Die Uebernahme der Anastigmatlicenz durch Ross & Co. 234. — Die Einführung des Jenaer Glases. 235. — TH. R. DALLMEYER's Teleobjektiv. 236. — Zunahme des Interesses an den astigmatisch korrigirten Systemen. 236. — H. VAN DER WEYDE's Korrektorlinsen. 237. — J. E. A. STEGALL's Arbeit über die Abblendung durch den Linsenrand. 237. — H. DENNIS TAYLOR's Dreilinsenobjektiv. 237. — Vereinfachung des Typus. 239. — Umgestaltung der *Cooke lens* in ein Satzobjektiv. 240. — Einführung des Objektivs als *Cooke lens*. 240. — H. L. ALDIS' *stigmatic lens*. 241. — Theoretische Grundlage. 242. — Zweite Form der *stigmatic lens*. 244. — TH. R. DALLMEYER's korrigirende Negativlinse. 244. — Die TURNER und REICH'sche Einzellinse aus fünf Bestandtheilen. 244. — Rückblick auf die Entwicklung der englischen Optik. 245.

D. Die deutsch-österreichische Optik.

1. J. Petzval und seine Zeit.

a. Die ersten Vorgänge auf photographischem Gebiete in Deutschland und Vorbereitungen auf J. Petzval.

Photographisches Verfahren von FR. VON KOBELL und C. A. STEINHEIL. 246. — Interesse für Portraitaufnahmen. 247. — A. VON ETTINGSHAUSEN's Reise nach Paris. 247.

b. J. Petzval's Neuerungen am photographischen Apparat.

J. PETZVAL's Leben. 248. — Berührung mit FR. VOIGTLÄNDER. 248. — J. PETZVAL's Satzobjektiv. 249. — Prüfung der Objektive. 251. — Interesse in Wien. 251. — VOIGTLÄNDER'sche Kamera. 252. — Das Portrait-

objektiv. 252. — Export nach Frankreich. 254. — Fabrikation der Dreizöller und der geschäftliche Erfolg. 254. — Misshelligkeiten zwischen J. Petzval und Fr. Voigtländer. 255. — Der Bruch. 256. — Die Episode Petzval-Waibl. 257. — J. Petzval's Arbeiten auf dem Gebiete der Projektionsapparate und Scheinwerfer. Feinkühlungsversuche. 257. — Verbindung mit C. Dietzler. 258. — Herausgabe der Landschaftslinse. 258. — Das Landschaftsobjektiv (Orthoskop). 260. — Der Objektivstreit. 261. — J. Petzval's Lebensende. 262.

c. J. Petzval's optische Theorie.

Der Stand der rechnenden Optik vor J. Petzval. 263.

α. Die Fehlertheorie.

I. Die Theorie der sphärischen Aberrationen. 264. — II. Die Theorie der chromatischen Aberrationen und der Fehlerausgleichung. 266. — III. Die Beugungsaberrationen. 267.

β. Die Begrenzung der Strahlen. 267.

γ. Mittheilung allgemein gültiger Sätze.

Das Petzval'sche Theorem. 268. — Ein allgemeiner Satz über die Einzellinse. 269. — Historische Bemerkungen hinsichtlich der Petzval'schen Theorie. 269. — L. Seidel und H. Zincke gen. Sommer über J. Petzval. 270.

d. Die Entwicklung der photographischen Optik bis zum Erscheinen des Aplanaten.

Die Voigtländer'sche Werkstätte. 271. — Das Vorderglied des Portraitobjektivs als Landschaftslinse. 272. — Verlegung der Werkstätte nach Braunschweig. 272. — Fünfzöllige Portraitobjektive. 273. — Achromatisirung durch Einführung eines Crowns von niederem $\bar{\nu}$. 273. — Sechslinsige Portraitobjektive — J. Petzval's zweite Portraitlinse? 274. — Sonstige Neuerungen Fr. Voigtländer's. 274. — Die verschiedenen Modifikationen des Petzval'schen Portraitobjektivs. 275. — Dürftigkeit der Quellen. 277. — Die Fachpresse: W. Horn, K. J. Kreutzer. 277. — P. E. Liesegang's Photographisches Archiv. 278. — Gelehrte Amateure in Deutschland. 278. — Photographische Korrespondenz und Photographische Mittheilungen. 279. — Berichterstattung über optische Fragen. 279. — Das Pantoskop von E. Busch. 280. — Rückblick auf den Stand der photographischen Optik in Deutschland. 281.

2. H. A. Steinheil und seine Zeit.

a. Die Vorgeschichte der optischen Industrie in München.

Die Münchener Fernrohroptik. 283. — Das Poliren nach Probeglas. 283. — C. A. Steinheil's Leben. 284. — Die Gründung der optisch-astronomischen Werkstätte. 285. — Die Verbesserung der Fernrohrobjektive. 286. — Die Korrektionsbedingungen für Systeme endlicher Oeffnung. 287. — Das Periskop. 288. — Die Aufnahme des Periskops durch Fr. Voigtländer und E. Busch. 288.

b. A. Steinheil's Konstruktionen.

A. STEINHEIL's Leben. 289. — Zuziehung L. SEIDEL's. 290. — L. SEIDEL's Behandlung der sphärischen Aberration im engeren Sinne. 290. — Die fünf SEIDEL'schen Abbildungsfehler. 291. — L. SEIDEL's Stellung zu J. PETZVAL in der Geschichte der photographischen Optik. 292. — L. SEIDEL's Formeln für die trigonometrische Verfolgung eines windschiefen Strahls. 293.

α. Die lichtschwächeren Objektive A. Steinheil's.

Die Berechnung des Aplanaten. 294. — Brief A. STEINHEIL's an TH. ROSS. 295. — Bericht über Konstruktionsmöglichkeiten und Modifikationen des Aplanaten. 296. — Der Aplanat zweiter Form. 297. — Der Landschaftsaplanat. 298. — Der Weitwinkelaplanat für Landschaften. 299. — Satzlinsen und Aplanate mit variablem Abstande. 300.

β. Die lichtstarken Objektive A. Steinheil's.

Der Portraitaplanat erster Form. 300. — Der Portraitaplanat zweiter Form. 302. — Der Portraitantiplanet. 303. — Der Gruppenaplanat. 304. — Der Gruppenantiplanet. 305. — Der Rapidantiplanet. 305.

c. Die theoretischen Ansichten A. Steinheil's.

Die sphärische Korrektion in und nahe der Axe. 306. — Chromatische Korrektion. 307. — Astigmatismus und Bildfeldebenung. 307. — Die Reflexbilder. 308. — Die Tiefenschärfe. 309. — Die Theorie des Umkehrprismas. 309. — A. STEINHEIL's Stellung zu TH. GRUBB. 310. — Die Einführung der Antiplanetkonstruktionen. 310. — Die Beziehungen zwischen antiplanetischem und anastigmatischem Princip. 311. — Der Abschluss der Publikationsthätigkeit A. STEINHEIL's. 312. — A. STEINHEIL's Stellung in der photographischen Optik. 312.

d. H. Zincke gen. Sommer.

Leben. 313. — Bildkrümmung im Meridionalschnitt. 314. — Dioptrik der Linsensysteme. 314. — Konstruktionstypen von H. ZINCKE genannt SOMMER. 315. — Seine Stellung in der Optik. 316.

e. Das photographisch-optische Interesse in Deutschland in der Steinheil'schen Periode.

Die periodische Litteratur in der photographischen Optik. 316. — Objektivprüfungen. 317. — FR. VOIGTLÄNDER's Rücktritt und die Neuerungen der Optischen Anstalt. 318. — Die Konstruktionen von E. BUSCH. 319. — Die Entwicklung der Satzobjektive. 320. — J. LEMLING. 321. — J. M. EDER's Sammelwerk. 321.

3. Die Geschichte des optischen Glases und die Benutzung der neuen Glasarten bis zur Aufstellung des Anastigmatprincips.

Die deutsche Optik am Ausgang des XVIII. Jahrhunderts. 322. — Aufschwung durch J. FRAUNHOFER und J. PETZVAL. 322/323. — C. ZEISS. 323. — E. ABBE. 324.

a. Die Geschichte des optischen Glases.

Die Aufgaben der Glastechnik nach J. DOLLOND's Erfindung der Achromate. 325. — P. L. GUINAND's Flintbereitung. 326. — Uebersiedlung nach Benediktbeuren. 326. — Einweihung J. FRAUNHOFER's. 327. — Untersuchung der Zusammensetzung des Glases zur Verhinderung des Anlaufens. 328 — und zur Aenderung der optischen Eigenschaften. 329. — P. L. GUINAND's und J. FRAUNHOFER's Verdienste. 330. — Das Münchener Glas und die Bestrebungen von . . RUEDORFER, FR. KÖRNER, C. A. STEINHEIL, G. und S. MERZ. 331. — Die französische Glastechnik von . . GUINAND und G. BONTEMPS. 332. — G. BONTEMPS Uebersiedelung nach England. 333. — M. FARADAY's Bestrebungen. 333. — Das Zink-Crown von . . MAËS. 334. — Thallium-Flint von . . LAMY. 334. — WILLIAM VERNON HARCOURT's Versuche. 335. — Versuche von J. HOPKINSON, H. SCHROEDER, A. SAFARIK. 336. — Vorarbeiten von E. ABBE und O. SCHOTT. 337. — Aufgabenstellung. 337. — Gründung des glastechnischen Laboratoriums von SCHOTT & GEN. zu Jena. 338. — Versuche von ED. MANTOIS. 338. — Die für die photographische Optik werthvollen Eigenschaften der Jenaer Gläser. 339.

b. Die ersten Anwendungen der neuen Glasarten in der photographischen Optik.

MORITZ MITTENZWEI. 342—346. — D.R.P. No. 27081. 342. — Diskussion der in dem Patent aufgeführten Konstruktionsformen. 343. — Ueber einige Konstruktionsanforderungen und neue photographische Objektive. 345. — H. L. H. SCHROEDER. 346—350. — Leben. 346. — Photographische Optik. 347. — H. SCHROEDER's Triplet. 348. — *Concentric lens*. 348. — Das achromatisirte Periskop. 349. — C. MOSER. 350—352. — Die Grundformeln der Dioptrik. 351. — Die einfache Landschaftslinse. 351. — A. MIETHE. 352—354. — Leben. 352. — Lichtabnahme nach dem Plattenrand. 352. — A. MIETHE's Anastigmat. 352. — Spätere Verbesserungen. 353. — Kompensator 354. — Teleobjektiv. 354. — D. KAEMPFER's Versuche bei VOIGTLÄNDER & SOHN. 354. — Rückblick. 355.

4. P. Rudolph und die neueste Zeit.

a. Die Erfindung des Anastigmatdoublets und die Ausbildung desselben zu Universal- und Weitwinkelobjektiven.

P. RUDOLPH's Leben. 355. — Ausbildung in Jena. 356. — Das photographische Triplet. 357. — P. RUDOLPH's Vorbereitungen zum Anastigmat-Doublet. 358. — Ueber den Astigmatismus photographischer Linsen. 358. — Die Wichtigkeit der Ergänzung des PETZVAL'schen Theorems. 359. — Die kanonische Zusammensetzung des Anastigmaten. 360. — Patentschrift No. 56109. 360. — Das RUDOLPH'sche Princip anastigmatischer Bildfeldebenung. 361. — Die ersten Anastigmat-Doublets. 361. — a. Die Weitwinkelsysteme. 362. — b. Der lichtstärkere Typus. 363. — Die zweite vollkommenere Reihe. 365. — Die geschäftliche Ausnutzung der Erfindung. 366. — Die Ergänzung der zweiten Serienreihe durch Serie IIa. 367. — Die Würdigung des Anastigmatprincips. 367.

b. P. Rudolph's Ausbau der Einzellinse und des Satzes und die Ausbildung holosymmetrischer Anastigmate durch E. von Höegh, R. Steinheil und D. Kaempfer.

Die astigmatische Korrektion der Einzellinse 1891. 368. — Theoretische Entwicklung astigmatisch korrigirbarer Einzellinsen aus einem Anastigmat-Doublet. 369. — Die Ableitung der MITTENZWEI'schen Konstruktionen. 372. —. Die RUDOLPH'schen Einzellinsen. 373. — Der Doppelanastigmat E. VON HÖEGH's. 375. — E. VON HÖEGH's Vortrag und Patentschrift 74437. 375. —. Stellung des neuen Objektivs zum Anastigmaten. 375. — Die Priorität P. RUDOLPH's. 376. — Die Aufnahme des Doppelanastigmaten. 377. — Das Anastigmat-Doublet 1 : 8 und die Entwicklung der astigmatisch korrigirten Einzellinsen. 378. — Aufstellung der viertheiligen Einzellinse Serie VII. 379. —. Einführung der Satzanastigmate. 380 — und Anastigmatsätze. 381. — Rückblick auf die Entwicklung der Satzidee. 381. — P. RUDOLPH's Einführung der Normalfassung. 381. — Der STEINHEIL'sche Orthostigmat, Typus I und Typus II. 382. — Das KAEMPFER'sche Collinear, Typus I. 384. — E. VON HÖEGH's Stellungnahme zum Orthostigmaten. 385. — Das KAEMPFER'sche Collinear, Typus II. 385. — Das Kombinations-Collinear, Typus $\frac{I+II}{2}$. 386. — Uneingeführt gebliebene Einzellinsen von C. P. GOERZ 1895 vierlinsig, VOIGTLÄNDER & SOHN 1897 vierlinsig, C. P. GOERZ 1897 fünflinsig. 386/387.

c. P. Rudolph's hyperchromatische Zerstreuungslinse und ihre Anwendung im Planar.

Die Achromatisirung des Telenegativs. 388. — Verwendung des gleichen Princips durch C. PIEPER und E. VON HÖEGH. Die chromatische Planparallelplatte H. SCHROEDER's. 388. — P. RUDOLPH's hyperchromatische Zerstreuungslinse. 389. — Das Planar. 390. — Allgemeiner Zusammenhang der Planaridee mit dem anastigmatischen Princip. 390. — E. VON HÖEGH's symmetrisches Objektiv mit acht freien Flächen. 392. — E. VON HÖEGH's Einzelobjektiv mit vier reflektirenden Flächen. 392.

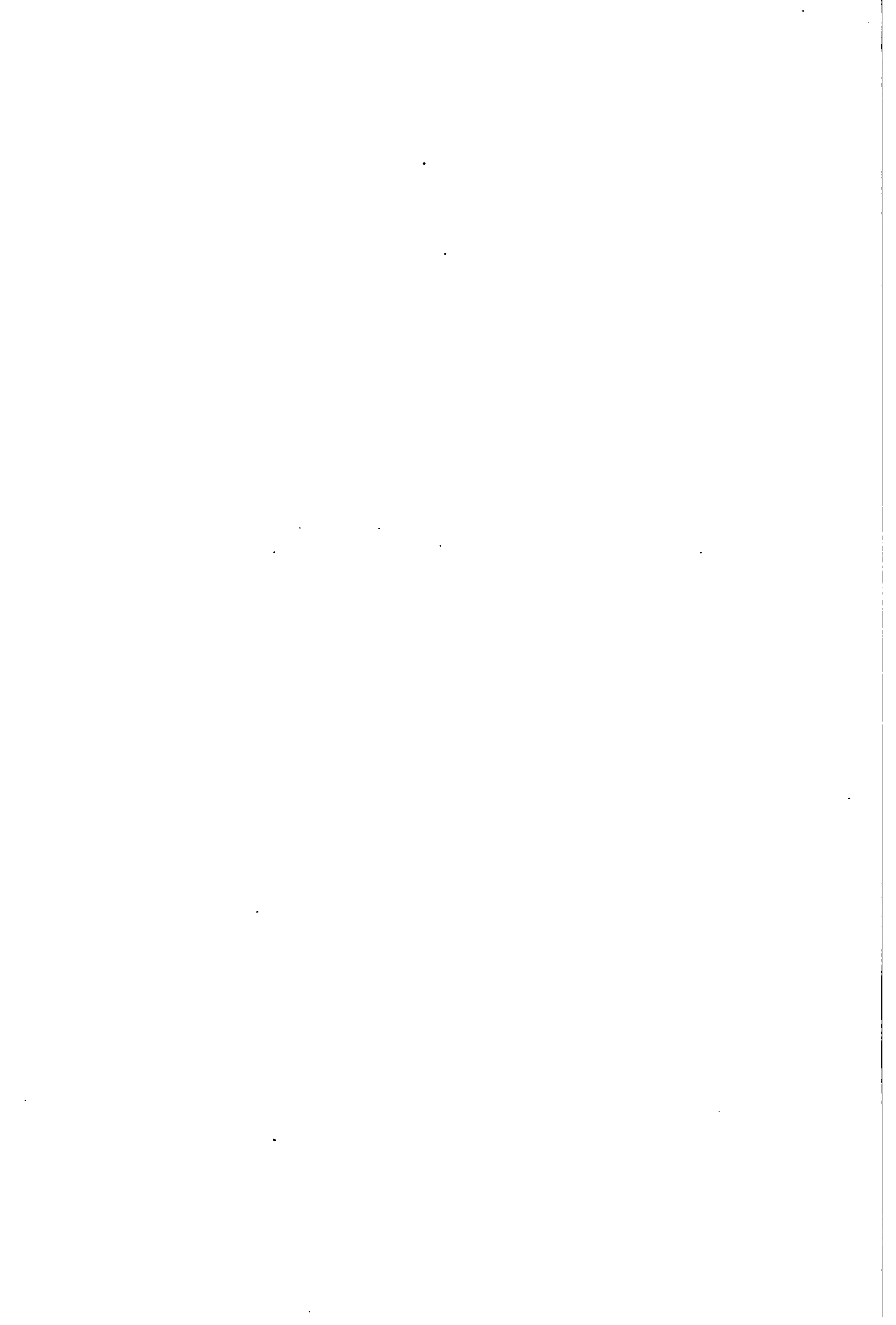
d. Schluss.

P. RUDOLPH's Anamorphot. 393. — E. ABBE's Erweiterung 394. Die Vorläufer. L. FARRENC, F. LIPPICH, J. ANDERTON. 395. — Stand der Publicistik. 396. — C. KOPPE's Anregung der Verzeichnungsfrage. 396. — O. LUMMER's photographische Optik. 396. — Studium der Absorptionseffekte in neuen Gläsern von J. M. EDER und E. VALENTA. 397. — Absorptionskonstanten für den violetten Theil des Spektrums. 397. — Rückblick auf die Entwicklung der deutschen Optik. 397.

Litteraturverzeichniss. 399—435.

Bemerkungen zu den Figurentafeln. 436.

I. Theoretischer Theil.



A. Die allgemeinen Grösse- und Lagebeziehungen.

Das photographische Objektiv gehört in die Klasse der Projektionssysteme, welche dazu dienen, im allgemeinen reelle Bilder zu entwerfen.

Die besonderen Verhältnisse, die bei dem regulären Gebrauche dieses Instruments sich stets wiederfinden, erlauben eine ziemlich weitgehende Specialisirung der Voraussetzungen, welche bei einer allgemeinen Theorie der optischen Instrumente zu machen sind.

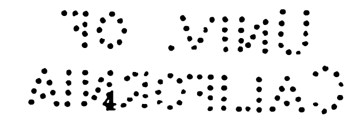
Auf Grund dieser noch genauer anzugebenden Vereinfachungen werden wir im Stande sein, Lage- und Grössenbeziehungen der von unserem Instrumente entworfenen Bilder abzuleiten, ohne specielle Annahmen über die Art der physikalischen Realisirung (durch Spiegelung oder Brechung) zu machen.

Annahme centrirter Systeme.

Handelt es sich um *photographische* Systeme im allgemeinen, so wird es ohne willkürliche Beschränkung erlaubt sein, *die Begrenzungsflächen* der verschiedenen Medien vorauszusetzen als *Theile von Rotationsflächen*,*) *die auf einer gemeinsamen Axe centrirt sind.* Diese Gerade ist dann zugleich die Symmetrieaxe des ganzen Systems und sei kurz als *Axe* oder *Hauptaxe* bezeichnet. Es wird dann zunächst genügen, die Betrachtung der Wirkungsweise des Systems auf den die Axe enthaltenden Meridionalschnitt zu beschränken.

Die GAUSS'sche Theorie der Linsensysteme, welche annimmt, dass die Einfallswinkel aller die Abbildung bewirkenden Strahlen unendlich klein seien, und sich somit auf die Untersuchung eines „fadenförmigen" die Axe umgebenden Raumes beschränkt, leitet

*) In den weitaus meisten Fällen sogar von Kugelflächen.



sehr einfache Formeln ab, welche die Beziehungen zwischen Objekten und Bildern bei einem gegebenen System anzugeben gestatten.

Es wird nun im folgenden diese GAUSS'sche Theorie erweitert werden, d. h. es sollen gewisse Voraussetzungen angegeben werden, bei deren Festhaltung man jenen fadenförmigen Raum um die Axe nach allen Richtungen ins Endliche erweitern kann, so zwar, dass die in ihm ursprünglich geltenden, einfachen Beziehungen erhalten bleiben.

Voraussetzung einer eindeutigen Abbildung mittels geradliniger Strahlen.

Die erste dieser Voraussetzungen lautet:

Die Abbildung eines jeden Punktes des Objektraumes in einen solchen des Bildraumes erfolgt durch geradlinige Strahlen eindeutig und eindeutig umkehrbar.

Die abbildenden Strahlen vor und nach Durchgang durch das System mögen *konjugirte Strahlen* im Objekt- und Bildraum heissen; man sieht dann unmittelbar, dass die Axe des Systems sich selbst konjugirt ist.

Da zwei Gerade des Objektraumes durch ihren Schnitt einen und nur einen Objektpunkt bestimmen, so bestimmen ihre konjugirten Strahlen im Bildraum einen und nur einen Bildpunkt. Beide

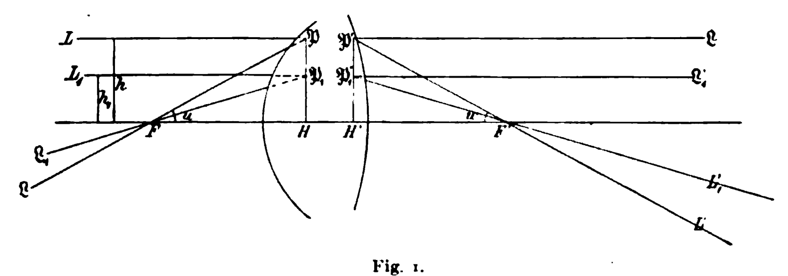


Fig. 1.
Aufsuchung der Hauptebenen.
(Rechts oben ist an Stelle von 𝔏 𝔏′ zu denken.)

nennen wir *konjugirte Punkte* im Objekt- und Bildraum und wissen aus der Voraussetzung, dass wir bei Umkehrung des Strahlenganges diese beiden Punkte als eindeutig konjugirte behalten.

Aus dieser eindeutigen und eindeutig umkehrbaren Beziehung von konjugirten Punkten folgt, dass auch die Lage einer Bildgeraden zu der durch zwei Objektpunkte eindeutig definirten Objektgeraden eindeutig gefunden wird, wenn man die jenen Objektpunkten konjugirten Bildpunkte bestimmt, und sie durch eine Gerade verbindet.

Einfache Folgerungen aus dem Voranstehenden sind folgende Sätze:

Gehen im Objektraume von einem Punkte drei oder mehrere Strahlen aus, so schneiden sich die konjugirten Strahlen in einem und demselben Bildpunkt.

Liegen im Objektraume drei oder mehrere Punkte in einer Geraden, so liegen ihre Bildpunkte auch auf einer Geraden, nämlich auf der jener konjugirten.

Wir lassen nun auf ein optisches System S einen axenparallelen Strahl L im Axenabstande oder, wie wir sagen wollen, von der *Einfallshöhe* h auffallen, so muss derselbe, da man ihn auffassen kann als ausgehend von dem unendlich fernen Axenpunkt nach Durchtritt durch das System in seinem Schnittpunkte mit der Axe den Bildpunkt definiren. Derselbe heisse der *hintere Brennpunkt* und werde mit F' bezeichnet, und der zu L konjugirte Strahl L' bilde mit der Axe den Winkel u', den wir den *halben Oeffnungswinkel* des Systems nennen wollen. Bei festgehaltenem h nennen wir nun die Sammelwirkung eines Systems, abgekürzt, das System selbst um so „stärker“, je grösser der Werth von u' ist.

Lässt man nun den axenparallelen Strahl $\mathfrak{L}'$ mit derselben Einfallshöhe h von der andern, der Bildseite her einfallen, so bildet er nach dem Durchgange als $\mathfrak{L}$ mit der Axe den halben Oeffnungswinkel u im *vorderen* Brennpunkt F.

Unabhängigkeit der Sammelwirkung von der Bewegungsrichtung des Lichtes.

Es lautet nun die zweite unserer Voraussetzungen:

Bei allen Systemen, die beiderseits an ein- und dasselbe Medium angrenzen, sind die „Stärken“ gleich, d. h. derselben Einfallshöhe h *entspricht auf beiden Seiten des Systems derselbe Oeffnungswinkel.*

Verlängern wir nun die Strahlen L und $\mathfrak{L}$ auf der Objektseite und ebenso die konjugirten L' und $\mathfrak{L}'$ je bis zu ihrem Schnittpunkt, so definiren dieselben 2 Punkte $\mathfrak{P}$ und $\mathfrak{P}'$, die nach ihrer Entstehung konjugirt und äquidistant zur Axe sind.

Nehmen wir jetzt einen senkrecht unter $\mathfrak{P}$ gelegenen Punkt $\mathfrak{P}_1$ an, der die Entfernung h_1 von der Axe haben möge, und definiren ihn durch die beiden Strahlen $\mathfrak{L}_1$ (durch F) und L_1 (// zur Axe), so ist der Beweis durch Anwendung der Voraussetzung 2 leicht zu erbringen, dass der konjugirte Punkt $\mathfrak{P}'_1$ ebenfalls senkrecht unter $\mathfrak{P}'$ liegt und den Abstand h_1 von der Axe hat. $\mathfrak{P}_1$ war ein ganz beliebiger Punkt, mithin sind wir zu dem Ausspruche berechtigt:

Konstruirt man die beiden durch $\mathfrak{P}$ und $\mathfrak{P}'$ gehenden axensenkrechten Ebenen, die in H und H' die Axe treffen, so sind

dieselben derartig einander konjugirt, dass die entsprechenden Axenabstände gleich und gleich gerichtet sind.

Wir nennen diese beiden Ebenen (GAUSS'sche) ***Hauptebenen*** und bemerken, dass die Abstände derselben von den Brennpunkten FH und H'F' einander gleich sind.

Allgemeine Konstruktion konjugirter Punkte.

Die vier Punkte F, H, H', F' nennen wir die ***Kardinalpunkte*** des Systems und werden leicht zeigen können, dass mit Hilfe derselben und der in H und H' errichteten Hauptebenen zu jedem Objekt sein Bild gefunden werden kann.

Es seien also diese 4 Punkte auf der Axe gegeben, die Hauptebenen errichtet und die Aufgabe gestellt, das Bild zu dem in der gegebenen Entfernung O F vom ersten Brennpunkt befindlichen axensenkrechten Objekte O P aufzufinden.

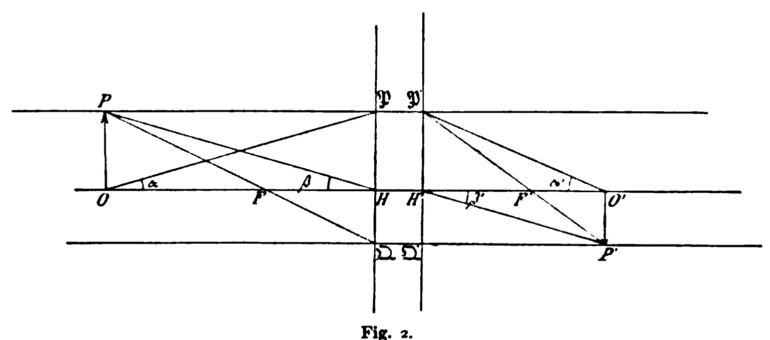


Fig. 2.
Konstruktion des konjugirten Punktes P' mittels der bevorzugten Strahlen durch den unendlich fernen Punkt und den Brennpunkt.

Wir bemerken hierzu, dass wir im folgenden ständig die Lichtbewegung als von links nach rechts vor sich gehend darstellen werden.

Wir ziehen die beiden Strahlen P𝔓 parallel OO' und PF, die die Hauptebene H in 𝔓 und 𝔔 schneiden; die Bilder dieser Punkte sind 𝔓' und 𝔔', welche ihrerseits die Strahlen 𝔓'F' und 𝔔'P' bestimmen, die sich in P' schneiden, alsdann ist die Senkrechte P'O' das Bild von PO. Dass wir einfach von P' die Senkrechte fällen, kann keinen Einwand hervorrufen, da ja dieses Vorgehen sich auf demselben Wege rechtfertigen liesse, wie oben, wo erst der Punkt $𝔓_1'$ als konjugirt zu $𝔓_1$ gefunden wurde, und die beiden Hauptebenen sich als konjugirte ergaben. Hier mag ausdrücklich hervorgehoben werden, dass sich in der angedeuteten Weise zeigen lässt, dass axensenkrechte Objektebenen wiederum axensenkrechte Bildebenen besitzen.

Aus der Wiederholung der Konstruktion für einen anderen Objektabstand folgt sofort, dass die ***Reihenfolge der Objektpunkte in den Bildpunkten erhalten bleibt***, oder mit anderen Worten, dass sich Objekt und Bild entweder beide im Sinne der Lichtbewegung oder beide gegen dieselbe bewegen.

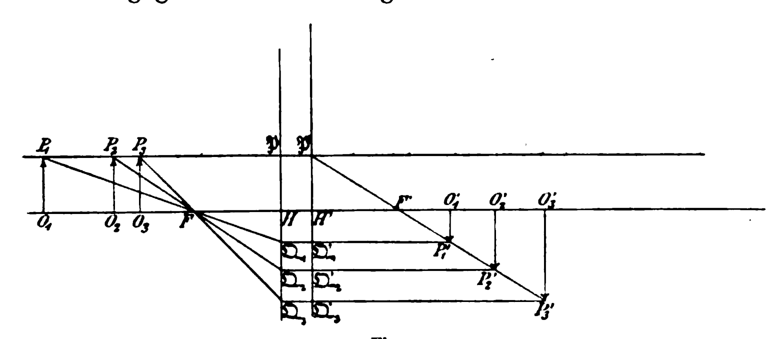


Fig. 3.
Lage und Grösse der Bilder eines sich bewegenden Objekts.

Die Aequivalentbrennweite.

Aus der eben benutzten Figur 3 wird allein schon klar, wie sehr das Grössenverhältniss zwischen Objekt und Bild bei gegebenem Brennpunktsabstand des ersteren O_1F von der Grösse von $FH = H'F'$ abhängt.

Durch diese Strecke wird die Wirkung des Systems im wesentlichen charakterisirt, da der Abstand HH', das ***Interstitium***, meist von verschwindender Grösse ist. Wir nennen daher $FH = F'H' = f$ die ***Aequivalentbrennweite*** des Systems, und es besteht zwischen u, h, f die ohne weiteres aus der Figur abzulesende Beziehung $\operatorname{tg} u = \frac{h}{f}$.

Ein Blick auf Figur 1 zeigt, dass durchaus nicht die Brennweite zusammenfällt mit dem Abstande der Brennpunkte von den zugewandten Linsenflächen; im allgemeinen ist das nur bei Linsen von verschwindender Dicke der Fall. Die Abstände der Brennpunkte von den zugewandten Endflächen des Systems bezeichnen wir als ***vordere*** und ***hintere Schnittweite***.

Bei der Wichtigkeit der Aequivalentbrennweite drückt man auch gern die doppelte Einfallshöhe 2 h in Teilen der Brennweite aus und bezeichnet

$2h = \frac{f}{\varkappa}$ als *Oeffnung* des Systems,

$\frac{2h}{f} = \frac{1}{\varkappa}$ als *relative Oeffnung* des Systems, auch $1:\varkappa$ geschrieben.

Bei den in der Praxis vorkommenden Systemen ist $\varkappa$ grösser als 2.5. Die relative Oeffnung $1:\varkappa$ eines photographischen Systems ist das Mass seiner aktinischen Leistung, soweit dieselbe von der Oeffnung und der Aequivalentbrennweite abhängt. Diesem Quotienten kommt aber nur ein bedingter Werth zu, da die Verluste durch Absorption und Reflexion in ihm nicht berücksichtigt sind.

Ableitung wichtiger metrischer Relationen zwischen der Brennweite einerseits und Grösse und Abstand von Objekt und Bild andererseits.

Kehren wir nun zur Ableitung der Formeln zurück, und nennen wir (s. Fig. 2) die Objektgrösse y, die Bildgrösse y′ sowie die Abstände von den zugehörigen Brennpunkten x und x′, während wir die Aequivalentbrennweite mit f wie gewöhnlich bezeichnen, so folgt aus der Aehnlichkeit der Dreiecke POF und FH𝔔 sowie der 𝔓′H′F′ und F′O′P′:

$$1)\qquad y:y' = x:f$$

$$2)\qquad y:y' = f:x'$$

$$3)\qquad x:f = f:x'$$

Es sind dies die vielbenutzten 3 Abbildungs-Gleichungen bezogen auf die Brennpunkte des Systems. Sie ergeben die Brennpunktsabstände für eine vorgeschriebene n-fache Reduktion: $y:y' = n:1$.

Unter Benutzung von 1) und 2) ergiebt sich:

$$x = nf; \quad x' = \frac{f}{n}.$$

Von Interesse sind unter Umständen Gleichungen zwischen Strecken, die nicht auf die Brennpunkte, sondern auf die Hauptpunkte des Systems bezogen sind.

Setzt man $OH = x + f = a$ und $H'O' = f + x' = b$, so kann man unmittelbar (durch Summation der Glieder beider Verhältnisse) aus 3) ableiten:

$$3^*)\qquad a:b = x:f$$

und nach Benutzung von 1)

$$4)\qquad a:b = y:y'.$$

Die Abstände von den Hauptpunkten verhalten sich also direkt wie die Bildgrössen.

Aus 3*) lässt sich durch beiderseitige Summation von 1 ableiten:

$$\frac{a+b}{b} = \frac{a}{f}$$

oder anders geschrieben

$$5)\qquad \frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}.$$

Es ist 5) die 3) entsprechende Beziehung zwischen den von den Hauptpunkten aus gemessenen Objekt- und Bildabständen und der Brennweite.

Von Wichtigkeit ist ferner die allgemeine Beziehung konjugirter Strahlaxenwinkel α und α'. Nach der Figur 2 ist $\operatorname{tg}\alpha = \frac{h}{a}$ und $\operatorname{tg}\alpha' = \frac{h}{b}$, mithin erhalten wir unter Benutzung von 3*) und 3):

$$6) \qquad \frac{\operatorname{tg}\alpha'}{\operatorname{tg}\alpha} = \frac{a}{b} = \frac{x}{f} = \frac{f}{x'}$$

In gleich einfacher Weise kann man das Verhältniss der Tangenten derjenigen Winkel β und β' ableiten, unter denen konjugirte axensenkrechte Objekte von den Hauptpunkten aus erscheinen; denn aus Gleichung 4 folgt unmittelbar die Aehnlichkeit der Dreiecke POH und P'O'H', mithin

$$\sphericalangle PHO = \sphericalangle P'H'O'$$
$$\beta = \beta'.$$

Objekt und Bild erscheinen also von den entsprechenden Hauptpunkten aus unter gleichem Winkel. Punkte der Art sind *Knotenpunkte* eines optischen Systems genannt worden. Sie fallen stets mit den Hauptpunkten zusammen, wenn das optische System, wie bei uns stets, sich in einem und demselben Medium befindet. In diesem Falle wird man also von der *Knotenpunktseigenschaft der Hauptpunkte* sprechen können.

Aus einer Reihe der vorstehend entwickelten Gleichungen ist die Proportionalität zwischen Grösse und Entfernungen konjugirter Bilder mit der Systembrennweite ersichtlich. Gleiches gilt auch von dem Abstand zwischen Bild und Objekt. Sieht man nämlich von dem Interstitium, d. h. der Entfernung HH' beider Hauptpunkte ab, so ist dieser Abstand A:

$$8) \qquad A = nf + 2f + \frac{f}{n} = \frac{(n+1)^2}{n} f.$$

Diese Formel versagt nur dann, wenn $n = \infty$ wird. In diesem Falle, der bei der Landschaftsphotographie vorkommt, rückt das Bild in die im bildseitigen Brennpunkt errichtete Brennebene, und wir erhalten als seine Grösse $y' = f \operatorname{tg}\beta$, wo β der Winkel ist, unter dem das Objekt vom ersten Hauptpunkt erscheint. Nimmt man nun die gleiche Landschaft vom gleichen Standpunkte mit

verschiedenen Objektiven auf, die die Brennweite f_1 und f_2 haben mögen, so gilt

$$y'_1 = f_1 \operatorname{tg} \beta$$
$$\underline{y'_2 = f_2 \operatorname{tg} \beta}$$
$$y'_1 : y'_2 = f_1 : f_2.$$

Die Bildgrösse ist in diesem Falle der Brennweite proportional. Zusammenfassend können wir sagen:

Wenn ein beliebiger Abstand A zwischen Bild und Objekt vorhanden ist, bezw. herbeigeführt werden kann, so liefert ein beliebiges (beliebig „starkes“) optisches System jede beliebig vorgeschriebene Vergrösserung n. Ist aber der Abstand A vorgeschrieben, so ist f bestimmend für den erreichbaren Reduktionsmassstab n nach Massgabe der unter 8) aufgeführten Gleichung. In jedem Falle ist also f bestimmend bei vorgeschriebener Reduktion für den Abstand A oder für den Massstab n:1 der Reduktion bei gegebenem Abstand.

B. Der wirkliche Strahlengang.

Die Strahlenbegrenzung im allgemeinen.

Die eben angtestellen Betrachtungen, die unter der Voraussetzung galten, dass einem jeden Objektpunkt ein und nur ein Bildpunkt entspräche, hatten die aufgeführten Beziehungen zwischen der Länge der Brennweite und Lage und Grösse der Bilder abzuleiten gestattet unter ausschliesslicher Benutzung gewisser bevorzugter konjugirter Strahlen, der nämlich, die durch die unendlich fernen Axenpunkte in Objekt- und Bildraum und durch die Brennpunkte in beiden Räumen gingen.

Nach unseren Voraussetzungen wurden alle vom Objektpunkte ausgehenden Strahlen wieder im Bildpunkte vereinigt, dieselben wurden aber im einzelnen nicht weiter betrachtet, da unser Interesse an Lage und Grösse der Bilder mit der Fixirung durch zwei ausgewählte Strahlen befriedigt war.

Jetzt, wo es sich uns um die Betrachtung des wirklichen Strahlenganges handelt, machen wir — bei dem photographischen Objektiv nahezu ausnahmslos — die Bemerkung, dass die Erzeugung der Bilder, deren Lage und Grösse wir vorhin finden lernten, anderen Strahlen zufällt als den von uns ausgewählten. Halten wir zunächst

an der vermöge der angenommenen Aberrationsfreiheit bestehenden Eindeutigkeit der Abbildung fest, so wird die Richtigkeit der vorhin abgeleiteten Regeln durch die Wahl anderer Strahlen garnicht berührt, indessen sind andere sehr wesentliche Eigenschaften auf diese Aenderung zurückzuführen.

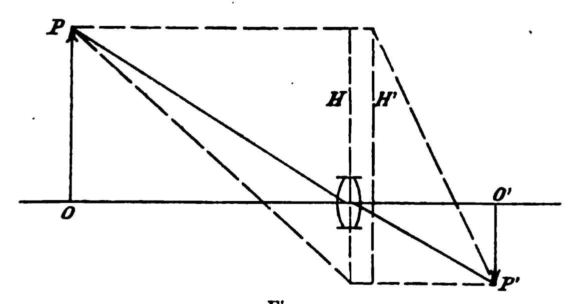


Fig. 4.
Der wirkliche Strahlengang in einem photographischen Objektiv im Gegensatz zu dem für die Auffindung der Grösse und Lage der Bilder vorausgesetzten.

Wie man aus der nebenstehenden Figur sieht, sind die Grössenverhältnisse der Linsen und der in Betracht kommenden Objekte bei der Verwendung des photographischen Objektivs in der Regel so beschaffen, dass der oben betrachtete Strahlengang ein rein fiktiver und nur der graphischen Konstruktion dienender ist.

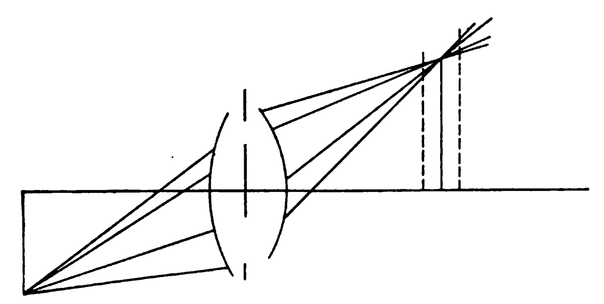


Fig. 5.
Einwirkung von Grösse und Lage der Blenden auf die scheinbare Grösse unscharf eingestellter Objekte.

Welch einen Unterschied die Begrenzung der Strahlen in die Betrachtung des Abbildungsvorganges hineinbringt, kann man aus der obigen Figur ersehen, wenn man — unter Festhaltung unserer Voraussetzung punktmässiger Strahlenvereinigung — einmal die eine und dann die andere der beiden verschiedenen Blenden als wirkend annimmt.

Es ist von vornherein verständlich, dass die Helligkeit im Bildpunkte wesentlich von der Grösse der Blendenöffnung abhängt, doch spielt auch ihre Lage in dieser Beziehung eine Rolle, da der Beleuchtungseffekt auch von dem Winkel abhängt, unter dem die Strahlen die Ebene des Bildes treffen. Für die Schärfe und Grösse des Bildes ist nach unseren Voraussetzungen über die Strahlenvereinigung die Blende nicht von Bedeutung, sobald das Bild an der richtigen Stelle aufgefangen wird. Steht aber, wie in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle bei photographischen Aufnahmen, die Projektionsebene nicht am Orte des Bildes selbst, sondern davor oder dahinter, so ist, wie aus der nebenstehenden Figur geschlossen werden kann, der Einfluss von Grösse und Lage der Blende augenfällig.

Ist somit auf die Bedeutung der Strahlenbegrenzung im allgegemeinen hingewiesen, so wollen wir jetzt bei der eingehenderen Untersuchung nur solche Fälle zulassen, die bei der Verwendung des photographischen Objektivs in der Praxis gewöhnlich auftreten. Wir haben demnach die Blenden kreisförmig und stets koncentrisch zur Axe anzunehmen; denn die Fälle, in denen man, für Autotypiezwecke zum Beispiel, eckige Blenden verwendet, fallen aus dem Kreise unserer Untersuchung heraus.

a. Die unendlich enge Blende in ihrer Einwirkung auf Lichtvertheilung, Gesichtsfeld und Perspektive.

Einführung der Begriffe Aperturblende und Pupillen.

Die photographischen Objektive besitzen so gut wie ausnahmslos eine Blendvorrichtung, welche gestattet, ihre wirksame Oeffnung zu verringern. Sie sei mit dem Ausdrucke *Aperturblende* belegt; sie befindet sich in der Regel zwischen den Linsenbestandtheilen des photographischen Systems. Blenden wir dasselbe bis auf eine enge Oeffnung ab, so können nur diejenigen Strahlen passiren, die im Innern des Objektivs durch die Blendenöffnung hindurch gehen.

Vor dem Objektiv sind diese Strahlen nach dem — virtuellen — Bildpunkte gerichtet, der von der Blendenmitte durch den vorderen Objektivtheil L_1 entworfen wird. Nach Austritt aus dem ganzen Objektive kommen sie von dem — virtuellen — Bildpunkte, in dem durch die Hälfte L_2 die Aperturblende abgebildet wird. Nach dem Vorgange von E. Abbe nennt man diese Bilder der Aperturblende in Analogie zu den Verhältnissen beim Auge der höher organisirten Lebewesen die *Pupillen*, und zwar unterscheidet man die auf die Wirkung des Systems L_1 zurückzuführende *Eintrittspupille* E.-P. von der *Austrittspupille* A.-P., die von dem System

L_2 entworfen wird. Ist das photographische Objektiv, wie das bei manchen Typen der Fall ist, mit Vorderblende versehen, liegt mithin zwischen Blende und Objekten kein Systemtheil, so fällt die E.-P. mit der Aperturblende zusammen.

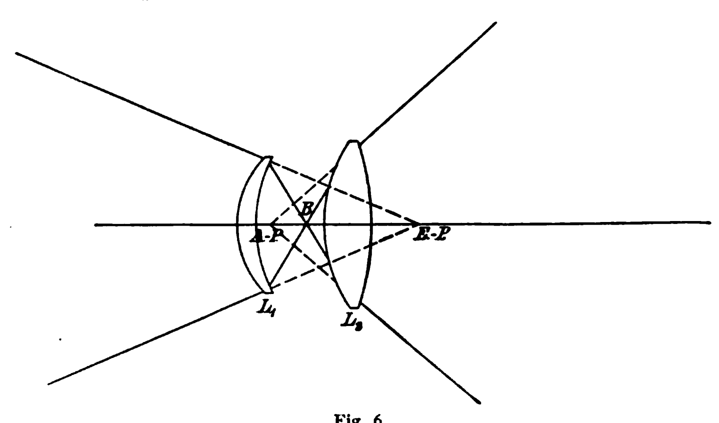


Fig. 6.
Aperturblende B, Eintritts- und Austrittspupille E.-P. und A.-P.

Jeden die Pupillenmitten passirenden Strahl nennen wir einen ***Hauptstrahl*** des Systems und bezeichnen die Gesammtheit derselben als das Hauptstrahlenbüschel. Alsdann wird unter der eben gemachten Annahme einer unendlich engen Aperturblende nur das Hauptstrahlenbüschel durch das System hindurchgelassen.

Die Lichtvertheilung.

Denken wir uns nun ein unendlich weit entferntes gleichmässig leuchtendes Objekt, welches vermittelst des Hauptstrahlenbüschels in der Brennebene abgebildet wird, so wird die Lichtvertheilung in derselben schon wegen der Unterschiede in der Incidenz ω' der Hauptstrahlen auf der Mattscheibe, M.-E., eine solche sein, dass die Mitte am hellsten beleuchtet ist, während die Intensität nach dem Rande zu abnimmt. Nimmt man nun noch hinzu, dass der für die Mitte ($\omega = 0$) kreisförmige Querschnitt des unendlich engen, im Hauptstrahle dargestellten Büschels für die stärker geneigten Strahlen ($\omega > 0$) elliptisch wird, sein Inhalt also in demselben Maasse abnimmt, in dem $\cos \omega$ kleiner wird, so ist ersichtlich, dass die Abnahme der Beleuchtung nach dem Rande zu noch verstärkt wird. Schliesslich sind die Randpunkte der M.-E. von der A.-P. weiter entfernt als die Mitte, und dieser Umstand wirkt in gleichem Sinne. Ist die Lichtintensität auf der Plattenmitte der Einheit gleich gesetzt, so kommt der zum Neigungswinkel ω bezw. ω' gehörigen

Randstelle nur eine Intensität von $\cos \omega \cos^3 \omega'$, approximativ genommen, zu.

Das Gesichtsfeld.

Der Winkel ω bezw. ω' kann aber nicht ganz beliebige Werthe annehmen. Von der Mitte der Aperturblende erscheinen nämlich die Linsen des Objektivs wenn nicht anderweitig, so schliesslich durch ihre Fassungsränder begrenzt. Diejenige Fassung nun, welche von der Mitte der Aperturblende gesehen, am kleinsten erscheint, ist massgebend für den inneren Winkel $\tilde{\imath}$ (dem $\tilde{\omega}$ bezw. $\tilde{\omega}'$ nach vorn und nach hinten entsprechen), über den hinaus ($i > \tilde{\imath}$, $\omega > \tilde{\omega}$,

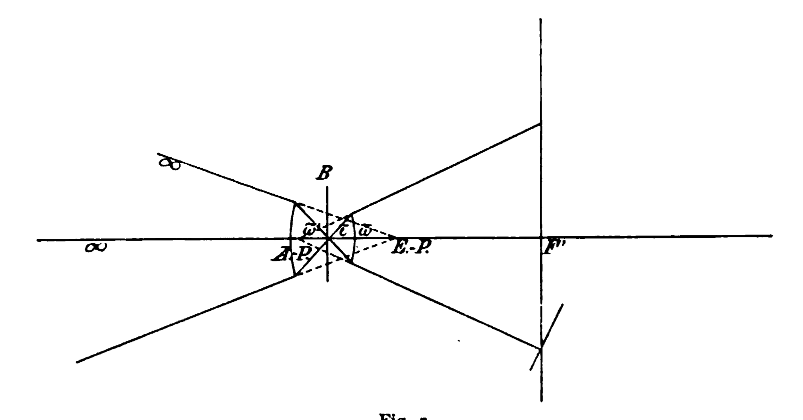


Fig. 7.
Das Gesichtsfeld bei enger Aperturblende B.
Aeusserste Neigung der ein- [$\tilde{\omega}$], durch- [$\tilde{\imath}$] und austretenden [$\tilde{\omega}'$] Hauptstrahlen.

$\omega' > \tilde{\omega}'$) kein Strahl durch das System mehr hindurchgelassen wird. Es ist leicht verständlich, dass diese von der Mitte der Aperturblende unter dem kleinsten Winkel erscheinende Fassung nach der Bezeichnungsweise von E. ABBE *Gesichtsfeldblende* genannt wird, während der eben beschriebene Winkel $\tilde{\omega}$ als der *halbe objektseitige Gesichtsfeldwinkel* des eng abgeblendeten Systems bezeichnet wird.

Es sei noch bemerkt, dass bei einem richtig konstruirten photographischen Doppelobjektiv beide Fassungen von der Mitte der Aperturblende betrachtet unter gleichem Winkel erscheinen, also beide gleichzeitig die Begrenzung des Gesichtsfeldes übernehmen.

Die Perspektive.

Handelt es sich nun um die Aufnahme eines räumlich ausgedehnten Objekts, wie meistens in der photographischen Praxis, so werden seine verschiedenen, im Objektraum hintereinander liegenden Theile

auch im Bildraum hintereinander abgebildet. Da hier aber nur eine Ebene, die der Mattscheibe, M.-E., zur Verfügung steht, so können unmöglich die Bilder aller Theile des räumlich ausgedehnten Objekts an den Stellen aufgefangen werden, an denen sie von dem Objektiv entworfen werden.

Stellen wir nun auf einen bestimmten Axenpunkt des Objekts ein, d. h. bringen wir die Mattscheibe in den dazu konjugirten Punkt, so werden die Bilder aller übrigen Punkte der Oberfläche des Objekts auf der Mattscheibe da erscheinen, wo die von ihnen ausgehenden Hauptstrahlen nach dem Durchgange durch das System die Mattscheibe durchstossen. Nach unseren früheren Darlegungen, nach denen immer nur eine Ebene der anderen konjugirt ist, ist aber die auf der M.-E. erscheinende Darstellung dem durch sie repräsentirten räumlichen Objekt optisch nicht konjugirt. Um das ihr konjugirte Objekt zu finden, errichten wir konsequenter Weise in dem bevorzugten Axenpunkt eine axensenkrechte Ebene; dieselbe ist dann nach dem Früheren der M.-E. konjugirt und sei mit dem Ausdrucke Einstellungsebene, E.-E., bezeichnet. Dann erhalten wir auf dieser E.-E. die dem Bilde auf der M.-E. entsprechende Darstellung, indem wir alle Hauptstrahlen, von der M.-E. ausgehend, rückwärts durch das System verfolgen und ihre Durchstossungspunkte mit der E.-E. aufsuchen. Mit anderen Worten heisst das nur: die Abbildung eines räumlich ausgedehnten Objekts erhalten wir nach Bestimmung des Axenpunktes, auf den eingestellt werden soll, indem wir die durch diesen gehende E.-E. konstruiren und auf dieselbe von der Mitte der E.-P. aus alle Punkte der aufzunehmenden Oberfläche projiciren. Diese Projektionsfigur ist das eigentliche im Bilde zur Darstellung kommende Objekt, und man kann ihr Bild umgekehrt wieder erhalten, indem man von der A.-P. aus die Durchstossungspunkte aufsucht, welche die Hauptstrahlen auf der zur E.-E. konjugirten M.-E. definiren. E.-P. und A.-P. sind also die Projektionscentren für Objekt und Bild; nimmt man die Pupillen äusserst klein, wie blosse Punkte an, und setzt man voraus, dass das System die auf der E.-E. befindliche Projektionsfigur streng ähnlich wiedergebe, so muss das Auge, um den richtigen Eindruck zu erhalten, an den Ort bei der Betrachtung der Aufnahme gebracht werden, an dem ihm das Bild unter demselben Winkel erscheint, unter dem die Projektionsfigur dem Aufnahmeobjektiv sich darbot. Derselbe ist dann dem Eindrucke genau entsprechend, den ein Auge haben würde, wenn es sich am Orte der E.-P. befände und die auf der E.-E. entstanden gedachte Projektionsfigur betrachtete.

Der richtige Abstand bei der Betrachtung photographischer Aufnahmen.

Diese richtige Entfernung von der Aufnahme $x = \frac{h'}{\operatorname{tg}\omega}$, welche aus der Festsetzung $\operatorname{tg}\omega = \frac{h'}{x}$ fliesst, leitet sich in dem allgemeinen Falle $\operatorname{tg}\omega' = \varkappa \operatorname{tg}\omega$ in folgender Weise ab:

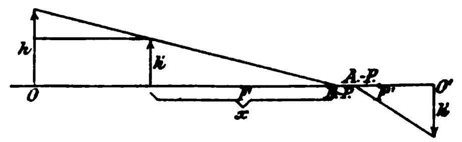


Fig. 8.

Aufsuchung des richtigen Abstandes $x = \frac{h'}{\operatorname{tg}\omega}$ von einer photographischen Aufnahme.

Es sei die Entfernung der A.-P. von $F' = \frac{f}{\varepsilon}$ gesetzt, so dass sich also der Abstand zwischen E.-P. und F, zu $f\varepsilon$ ergiebt, dann gelten die Beziehungen:

$$h = f(n + \varepsilon) \operatorname{tg}\omega$$

$$h' = f\left(\frac{1}{n} + \frac{1}{\varepsilon}\right) \operatorname{tg}\omega'$$

$$= \varkappa f\left(\frac{1}{n} + \frac{1}{\varepsilon}\right) \operatorname{tg}\omega$$

Aus $\frac{h'}{h} = \frac{1}{n} = \frac{\varkappa\left(\frac{1}{n} + \frac{1}{\varepsilon}\right)}{n + \varepsilon}$ ergiebt sich sofort $\varkappa = \varepsilon$.

Mithin wird der Ausdruck $x = \frac{h'}{\operatorname{tg}\omega}$ unter Berücksichtigung dieses Werthes zu $x = f + \frac{\varkappa f}{n}$.

Durch Diskussion dieser Formel kommen wir zu folgenden Fällen:

1. Gewöhnliche Objektive. Bei diesen ist $\varkappa \begin{Bmatrix} = \\ \text{app} = \end{Bmatrix} 1$, mithin $\omega \begin{Bmatrix} = \\ \text{app} = \end{Bmatrix} \omega'$. Die Aufnahme beliebiger Reduktion n ist vom Orte der A.-P. aus zu betrachten.
2. Teleobjektive. Hier ist, wie der Verfasser*) (**2. 21**) ge-

---

*) Wegen der Bedeutung der fetten Zahl siehe das Litteraturverzeichniss am Schlusse des Buches.

zeigt hat, $x = m\gamma > 1$, mithin der Abstand x grösser als der zwischen A.-E. und M.-E., und zwar das $\varkappa$fache desselben.

3. Landschaftsansichten. Da in diesem Falle stets $n = \infty$ zu setzen ist, so ist der Abstand x stets gleich der Aequivalentbrennweite des Systems, was auch eine häufig citirte Regel ausspricht. Auch hierauf war am angeführten Orte hingewiesen.

Ist dagegen die auf der M.-E. entstandene Zeichnung, die Aufnahme, mit der Figur auf der E.-E. nicht projektivisch, so giebt es überhaupt keinen Punkt, von dem aus das Auge von dem Bilde

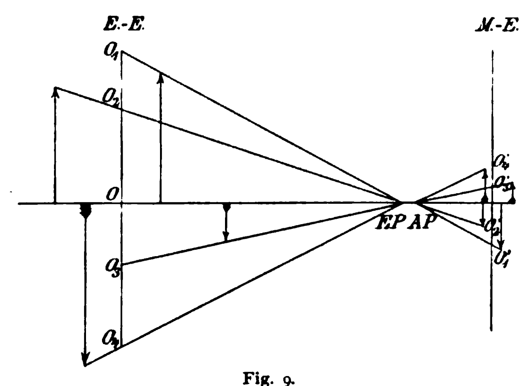


Fig. 9.

Die Projektionsfigur $O_1 O_2 O O_3 O_4$ auf der E.-E. und die ihr streng ähnliche Darstellung $O_1' O_2' O' O_3' O_4'$ auf der M.-E.
Der Gang der Hauptstrahlen ist dem bei einem symmetrischen Objektiv analog.

denselben Eindruck erhält, wie von der Betrachtung der Projektionsfigur, und dann verzeichnet das Objektiv nach der üblichen Ausdrucksweise. Alsdann ist das Bild nicht mehr für ein beliebiges System, sondern nur noch für dieses specielle Objektiv der Figur auf der E.-E. konjugirt, und es bedarf der Vorschaltung des Aufnahmeobjektivs vor die Aufnahme, wenn dieselbe zu Winkelmessungen benutzt werden soll. Es ist das ein Verfahren, welches für wissenschaftliche, photogrammetrische Aufgaben wohl zuerst von C. Koppe angegeben wurde. Die allgemeine Idee, in dieser Weise durch Benutzung des verzeichnenden Objektivs im umgekehrten Strahlengang die Verzeichnungsfehler zu eleminiren, stammt schon aus dem Anfang der 60er Jahre, wo sie R. H. Bow angab.

Nimmt man nun 2 Objektive verschiedener Brennweite und Konstruktion, so ist doch, falls sie nur nicht verzeichnen, die Perspektive der von ihnen entworfenen Bilder die gleiche, wenn nur die Entfernung der E.-P. von der E.-E. unverändert ist. Alles, was das Objektiv thun kann, ist ja nur die vollkommen winkeltreue Abbildung der Projektionsfigur auf der E.-E., und von den beiden in verschiedenem Massstabe gehaltenen Aufnahmen kann es nur heissen: zwei Grössen einer dritten (der Figur auf der E.-E.) ähnlich, sind untereinander ähnlich; d. h. beide weisen die gleiche Perspektive auf.

Sobald man aber die Entfernung zwischen E.-E. und E.-P. ändert — und nur dann — ändert man den Hauptstrahlenkegel, da man sein Centrum dem aufzunehmenden Gebilde nähert oder es von ihm entfernt.

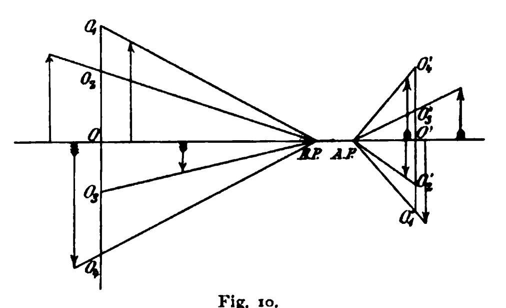


Fig. 10.

Die Projektionsfigur $O_1 O_2 O O_3 O_4$ auf der E.-E. und die ihr streng ähnliche Darstellung $O_1' O_2' O' O_3' O_4'$ auf der M.-E.
Der Gang der Hauptstrahlen ist dem bei einem Teleobjektiv analog.

Das betrachtende Auge muss, wie schon hervorgehoben, an den richtigen Augen-Ort gebracht werden, alsdann erweckt die Betrachtung der Aufnahme den gleichen Eindruck wie die des aufgenommenen Gebildes vom Ort der E.-P. aus. Ist eine solche Annäherung nicht möglich, weil etwa das Akkommodationsvermögen des Auges nicht ausreicht, so muss sie durch Anwendung passender Gläser herbeigeführt werden. Ist auch das aus gewissen Gründen unmöglich, so giebt die Betrachtung der Aufnahme nicht denselben Eindruck wie die Betrachtung des dargestellten Objekts, und dann spricht man von einem unrichtigen Eindruck. Beachtet muss ferner werden, dass manche photographische Systeme, sogenannte Weitwinkel, Hauptstrahlaxenwinkel bis zu 55° zulassen, also ein Gesichtsfeld beherrschen, welches mit 110° und mehr Gesichtsfeldwinkel bedeutend grösser ist als das des ruhenden Auges. Solche Auf-

nahmen kann man mit ruhendem Auge vom richtigen Standorte aus überhaupt nicht einmal annähernd übersehen, und infolgedessen wird in den meisten Fällen die Aufnahme von einem falschen Augenpunkt betrachtet oder das Auge bei der Betrachtung darüber hin bewegt. Nur insofern kann man also sagen, dass die Weitwinkelperspektive einen unrichtigen Eindruck hervorrufe; alle anderen sehr verbreiteten Vorstellungen aber, als sei die Perspektive der Weitwinkelobjektive eine specifische und generell von denen anderer Objektive verschieden, sind irrig. Sobald der Hauptstrahlwinkel der gleiche ist, und die Entfernung zwischen E.-E. und E.-P. dieselbe bleibt, sind die von verzeichnungsfreien Objektiven verschiedenster Konstruktion gelieferten Bilder streng ähnlich, also die Perspektive in ihnen die gleiche, gleichgiltig, ob es sich um Portrait- oder um Weitwinkel-Objektive handelt.

b. Die Aperturblende endlicher Oeffnung und ihre Einwirkung auf Helligkeit und Tiefe.

Betrachtet man nun die Abbildungsvorgänge bei einem Objektive endlicher Oeffnung, so scheint es zunächst, als seien bei der Mannigfaltigkeit der nunmehr möglichen Arten des Strahlenganges die für ein eng abgeblendetes System gewonnenen Anschauungen nun garnicht mehr anwendbar. Thatsächlich ist das aber nicht der Fall, die eben angestellten Ueberlegungen sind mit nichten zwecklos, da die vorher betrachteten Hauptstrahlen ja immer noch eine Bedeutung haben als die Schwerlinien der nunmehr zu betrachtenden endlich geöffneten Büschel. Es wird sich das Ergebniss unserer Untersuchung vielmehr aussprechen lassen als eine Erweiterung der schon gewonnenen Resultate.

Die Abnahme der Helligkeit nach dem Bildrande infolge der Abblendung durch die Fassung.

Beachtet man, dass man die Helligkeit nicht mehr festzustellen hat nach dem Querschnitt unendlich dünner, sondern endlich geöffneter Büschel, so ergiebt sich die Möglichkeit, dass die Abblendung durch die Gesichtsfeldblende nicht plötzlich eintritt, sondern dass unter Umständen nur mehr ein Teil dieser endlich geöffneten Büschel durch das System hindurchgelassen wird. Thatsächlich kommt bei allen photographischen Objektiven durch ihre Fassung eine solche sekundäre Begrenzung der von der Aperturblende zugelassenen oder zuzulassenden Büschel für gewisse Teile des Gesichtsfeldes vor, und zwar spielen die Gesichtsfeldblende oder die Gesichtsfeldblenden die Rolle dieser sekundären Begrenzungen. Innerhalb des Raumes, in dem die Aperturblende die Strahlenbegrenzung

allein übernimmt, besteht für die Abnahme der Lichtintensität mit der Zunahme der Hauptstrahlwinkel ω, ω' dasselbe Gesetz, das wir oben anführten

$$I_\omega = \varkappa_\omega \frac{D^2}{f^2} \cos\omega \cos^3\omega'$$

dabei bedeutet $\frac{D^2}{f^2}$ die relative Lichtstärke des Objektivs, die gegeben wird durch das Quadrat der relativen Oeffnung, des Quotienten aus dem Durchmesser der E.-P. und der Aequivalentbrennweite. $\varkappa_\omega$ ist ein von Reflexions- und Absorptionsbeträgen abhängiger Verlustfaktor, der für jedes Objektiv zu bestimmen ist.

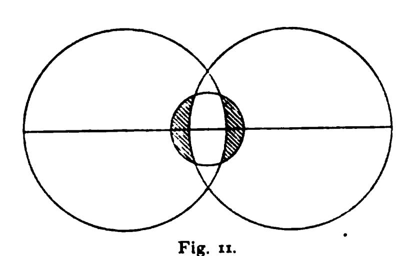


Fig. 11.
Verringerung der wirksamen Oeffnung durch sekundäre Begrenzung bei 2 Gesichtsfeldblenden.

Nehmen aber ω, ω' grössere Werthe an, so dass die endlich geöffneten Büschel schon durch die Gesichtsfeldblenden beeinflusst werden, so spricht man davon, dass die Fassung „vignettirend" wirke. Alsdann nimmt die Intensität noch schneller nach dem Bildrande zu ab, indem an die Stelle des lichten Kreises der E.-P. eine von den Peripherien zweier oder dreier Kreise begrenzte Figur tritt, was hier durch das Symbol P_ω bezeichnet sei. Alsdann wird für gewisse Winkel $\omega > \omega_1$ die Formel ersetzt durch

$$I_{\omega > \omega_1} = \varkappa_\omega \frac{P_\omega}{f^2} \cos\omega \cos^3\omega'.$$

Näheres über die Gesetze, die bei der Bildung von P_ω walten, ebenso über die Variation von $\varkappa_\omega$ hinsichtlich des Typus und des Ausführungsmassstabs findet der Interessent in der Arbeit 7 des Verfassers.

Verschiedene Theile des Gesichtsfeldes je nach der Apertur der abbildenden Büschel.

Hinsichtlich des Gesichtsfeldes endlich geöffneter Objektive werden wir uns kurz zu fassen haben. Infolge der Einführung der endlichen Oeffnung der E.-P. wird das Gesichtsfeld in zwei Gebiete zerlegt, insofern als in dem inneren, kreisförmigen die abbildenden Büschel den gleichen auch in der Plattenmitte wirksamen Durchmesser der Aperturblende haben, wohingegen aber für das äussere, das innere ringförmig umschliessende Gebiet die Oeffnung der Aperturblende allmählich bis auf 0 abnimmt. Blendet man ab, so dehnt sich der mittlere, im wesentlichen gleichmässig

beleuchtete Theil aus, während der äussere Ring zusammenschrumpft. Der Grenzfall ist der, dass die Blende ganz eng wird, und wir unter Fortfall des äusseren Ringes den mittleren Theil allein als das oben betrachtete Gesichtsfeld bei engen Blenden erhalten. Dieses Gesichtsfeld wird in manchen Katalogen als Gesichtsfeld *κατ' ἐξοχήν* angegeben. Die Grösse des Gesichtsfeldes bei endlicher Oeffnung ist schwieriger zu bestimmen: es lässt sich ungefähr schätzen nach dem Verhältniss des Durchmessers der E.-P. zum Linsendurchmesser unter Berücksichtigung der in Betracht kommenden Entfernung. Eine Unsicherheit in der Angabe bleibt immer bestehen, da es dem subjektiven Ermessen des Beurtheilers überlassen bleibt, zu entscheiden, wie weit man da von einer einigermassen gleichmässigen Einwirkung auf die lichtempfindliche Schicht sprechen kann, wo thatsächlich eine Gleichmässigkeit im strengen Sinne nicht vorhanden ist. Hervorzuheben bleibt der Unterschied zwischen Ausdehnung der scharfen Abbildung und der des hinreichend gleichmässig beleuchteten Feldes. Es kann der Fall eintreten, dass die Schärfe der Abbildung für eine bestimmte relative Oeffnung nicht mehr völlig ausgenutzt werden kann, weil die Lichtvertheilung zu ungleichmässig ist. In diesem Falle wird durch die Abblendung, wie wir oben hervorhoben, die Ungleichmässigkeit der Intensitätsvertheilung verringert.

Perspektive.

Verfolgt man die Frage nach der Perspektive bei Objektiven endlicher Oeffnung weiter, so sieht man bald, dass bei der Projektion nicht eingestellter Punkte auf die M.-E. keine Punkte entstehen, sondern dass, da die abbildenden Kegel — durch die die abbildenden Hauptstrahlen von vorhin zu ersetzen sind — vor oder hinter ihrem Vereinigungspunkte geschnitten werden, gewisse helle Flächen auftreten, die wir in dem gewöhnlichen Falle einer kreisförmigen A.-P. *Zerstreuungskreise* nennen wollen. Wir erhalten also als Repräsentanten der Objektpunkte auf der M.-E. Bildscheibchen. Wo man nun den Bildort lokalisirt, ist von vorneherein nicht zu entscheiden, doch kann man es als eine Eigenschaft sämmtlicher Typen in der Praxis verwendbarer photographischer Objektive bezeichnen, dass man denselben in der Mitte des Kreises, also da auffasst, wo der zugehörige Hauptstrahl die M.-E. durchstösst, denn dann und nur dann ist die kategorische Forderung erfüllt, dass der Bildort unabhängig sei von der Abblendung des Objektivs. Hinsichtlich unserer Ueberlegungen die Perspektive betreffend brauchen wir also infolge der Einführung der endlichen Blendenöffnung nichts zu ändern.

Die Tiefenschärfe bei Objektiven mit ebenem Bildfelde.

Was aber die Schärfe anlangt, so bemerken wir, dass den abbildenden Kegeln mit der Basis in der A.-P. und der Spitze in den Bildpunkten auf der Objektseite analoge Kegel entsprechen, deren Spitze in den Objektpunkten und deren Basis in der E.-P. liegt. Das der Zeichnung auf der M.-E. entsprechende Objekt finden wir, indem wir für alle Objektpunkte mit Hilfe der abbildenden Kegel über der E.-P. die Projektion dieser E.-P. auf die E.-E. aufsuchen, wenn wir zunächst einmal voraussetzen, dass die E.-E. auch bezüglich des endlich geöffneten Objektivs der M.-E.

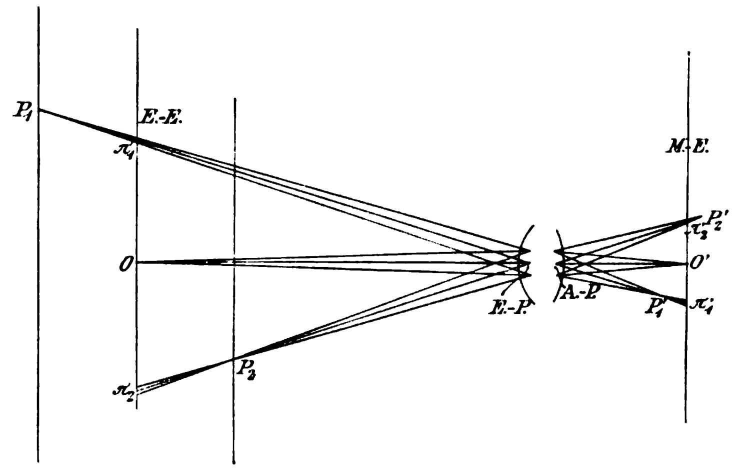


Fig. 12.

Der Abbildungsvorgang der auf der Einstellungsebene, E.-E., entstehenden, aus Projektionskreisen π_1, π_2 und Punkten O gebildeten Projektionsfigur auf die Mattscheibe, M.-E., woselbst die aus Zerstreuungskreisen π_1', π_2' und Punkten O' zusammengesetzte, der Projektionsfigur streng ähnliche Mattscheibenzeichnung entsteht.

konjugirt ist. Unter Voraussetzung eines solchen nicht verzeichnenden Objektivs mit geebnetem Bildfelde ist dann die Mattscheibenzeichnung nichts anderes als die gewöhnlich verkleinerte, streng ähnliche Abbildung der Projektionsfigur auf der E.-E. Diese kann wirklich scharf nur für Punkte in der E.-E. selbst sein, für vor oder hinter derselben liegende treten kreisförmige Flecke an die Stelle der Punkte. Da nun die Schärfe unserer Gesichtswahrnehmung keine absolute ist, so würde man von der Mitte der E.-P. aus erst dann die Projektionskreise bemerken, wenn dieselben Einzelheiten verwischten, die man sonst wahrnehmen würde. Bleibt ihre Grösse aber unterhalb einer solchen Grenze, so erscheint die aus Punkten und Projektionskreisen gebildete Projektionsfigur auf

der E.-E. scharf, obwohl sie es thatsächlich nicht ist. Der in dieser Weise, relativ zu den Dimensionen der Einzelheiten des Objekts, bestimmte Durchmesser des zulässigen Projektionskreises ist mit dem Durchmesser der E.-P. entscheidend für den Abstand derjenigen Punkte vorwärts und rückwärts der E.-E., welche auf sie projicirt noch scharf erscheinen. Man bezeichnet diese Abstände auch wohl mit den Ausdrücken *Vorder-* und *Hintertiefe* und ihre Summe als *Tiefe der Schärfe* schlechthin. Formeln für die Beziehungen zwischen den verschiedenen hier in Betracht kommenden Grössen sind vom Verfasser in *2. 30.* abgeleitet und diskutirt worden.

Unter Festhaltung der für die Perspektive massgebenden Entfernung zwischen E.-E. und E.-P. sieht man sofort, dass die Wiedergabe von Einzelheiten in der Figur auf der E.-E. einzig und allein abhängt von dem Durchmesser der E.-P., der allein die Oeffnung der abbildenden Kegel bestimmt, mit anderen Worten also, dass ein beliebiges photographisches Objektiv mit geebnetem Bildfeld vorausgesetzt die Tiefe bei gegebenem Abstand zwischen E.-E. und E.-P. nur abhängig ist von dem Durchmesser letzterer. Die Brennweite des Systems ist nur bestimmend für die relative Oeffnung und für den Massstab, in dem die Projektionsfigur zur Abbildung gelangt. Wie aber auch Typus und Brennweite im einzelnen sein mögen, die Leistung des Objektivs muss sich auf eine getreue Wiedergabe der Projektionsfigur auf der E.-E. beschränken.

Kennt man aber den Reduktionsmassstab, in dem die Abbildung dieser erfolgt, so kennt man auch die absolute Grösse des Zerstreuungskreises auf der M.-E., welche natürlich zu den auf dem Bilde noch sichtbaren Einzelheiten in derselben Massbeziehung steht, wie die Grösse des Projektionskreises zu dem Detail auf der E.-E. Man hat sich nun vielfach daran gewöhnt, als zulässigen Durchmesser des bildseitigen Zerstreuungskreises eine absolute Länge, etwa 0,1 oder 0,01 mm, anzugeben. Nach dem Vorhergehenden ist ein solches Verfahren nicht zu billigen, der Charakter der Tiefenschärfe, als einer durchaus relativen Grösse, sollte nicht in dieser Weise verwischt werden. Die Tiefenschärfe lässt sich nur relativ bestimmen, und will man durchaus absolute Zahlen für den Durchmesser der bildseitigen Zerstreuungskreise haben, so muss man, um keine Willkür walten zu lassen, auch den Reduktionsmassstab der Projektionsfigur auf der E.-E. vorschreiben. Dabei ist allerdings immer noch die Annahme festgehalten, dass die Strahlenvereinigung eine punktmässige sei, und dass ferner die Aufnahme alles von dem vorausgesetzten idealen Objektive ent-

worfene Detail auch wirklich wieder zeige. Abweichungen davon, die besonders die Vergrösserungen kleiner Aufnahmen ihrer theoretischen Vorzüge berauben, treten hauptsächlich infolge der nicht zu vernachlässigenden Grösse des Plattenkorns auf.

Es sei schliesslich noch darauf aufmerksam gemacht, dass bei dem betrachteten Falle von Objektiven mit geebnetem Bildfelde die Grenzen der zulässigen Schärfe durch zwei der E.-E. parallele Ebenen gegeben sind.

Bis zu einem gewissen Grade kann man bei allen Objektiven die von uns hier gemachten Annahmen als zutreffend ansehen. In der Nähe der Axe ist in der That bei allen Objektiven das Bildfeld eben und verzeichnungsfrei genug, um uns zu folgendem Ausspruche zu berechtigen: Beschränkt man sich auf die Nachbarschaft zur Axe, so ist bei allen Objektiven, welchem Typus sie auch angehören mögen, die Tiefenschärfe bei Festhaltung des Abstandes zwischen E.-E. und E.-P. nur von der Grösse der letzteren, nicht aber von der Brennweite des Aufnahmeobjektivs abhängig.

Die Tiefenschärfe bei Objektiven mit konkavem Schärfenfelde.

Geht man über die Nachbarschaft der Axe hinaus, so zeigt sich bei einer Reihe von Objektiven, und zwar bei allen vor Einführung der neuen Gläser gefertigten, dass dieselben keine Ebene auf der M.-E. scharf abbilden, sondern im besten Falle eine gegen das Objektiv konkave Rotationsfläche. Wir haben hier den Fall vor uns, dass die Schärfenfläche, wie wir diese Rotationsfläche nennen wollen, mit der E.-E. nur um die Axe zusammenfällt. Wir projiciren nun mit Hilfe der auf der E.-P. errichteten Kegel alle Objektpunkte auf diese Schärfenfläche, dann wissen wir, dass die dort entstehende, aus Punkten und Projektionsscheibchen zusammengesetzte Darstellung auf der M.-E. scharf wiedergegeben wird. In perspektivischer Hinsicht erweckt sie den Eindruck, als hätte man von der Mitte der E.-P. aus durch die Hauptstrahlen das auf der Schärfenfläche gelegene Projektionsbild auf die im Axenpunkt errichtete E.-E. projicirt, welche nunmehr das Bild der M.-E. in n-facher Grösse zeigt.

Die Begrenzung der Tiefe geschieht in diesem Falle durch zwei Rotationsflächen, welche die Schärfenfläche einschliessen. Doch lässt sich unter so veränderten Umständen für die seitlichen Bildtheile keine allgemein gültige Aussage über Tiefe mehr machen.

C. Die Abweichungen von dem idealen Strahlengange.

Allgemeine Einführung der Aberrationen.

Wenn auch die Betrachtung der begrenzten Strahlenbüschel uns der richtigen Auffassung des Abbildungsvorganges näher brachte, so sind wir doch bei der Betrachtung im einzelnen gezwungen, die bis jetzt erhaltenen Resultate nur als annäherungsweise geltende anzusehen, da wir finden werden, dass bei den Vorgängen, wie sie sich thatsächlich abspielen, eine der oben gemachten drei Voraussetzungen nicht mehr gültig bleibt.

Es ist das die Annahme einer punktmässigen Vereinigung aller von dem Objektpunkte ausgehenden Strahlen. Bei keinem der in der photographischen Praxis benutzten Systeme ist diese Bedingung erfüllt, überall finden wir Abweichungen von dem idealen Strahlenverlaufe, die wir unter der Bezeichnung der *Aberrationen* zu studiren haben werden. Die Beseitigung derselben, soweit sie möglich ist, ist für die Verwendung des photographischen Objektivs von der allergrössten Bedeutung gewesen. Ja, man kann direkt sagen, dass die Geschichte des photographischen Objektivs im wesentlichen in der Beschreibung der Wege liegt, welche zur Erreichung dieses Zieles eingeschlagen wurden. Trotzdem hat eine solche Betrachtung nicht allein Interesse für den Photographen, im Gegentheil ist die Förderung, die die Theorie der optischen Instrumente im allgemeinen durch die Lösung der von der photographischen Praxis gestellten Aufgaben erhielt, nicht gering anzuschlagen. Die Bildfehler, welche bei Verwendung stark geneigter Büschel auftreten, also Astigmatismus, Bildfeldkrümmung und Verzeichnung, hat man erst im Verlaufe der Ausbildung des photographischen Objektivs ganz oder theilweise zu heben gelernt. Andererseits aber hat man die Fortschritte und Verbesserungen, die man bei den älteren optischen Instrumenten von kleinerem Gesichtsfelde zu machen lernte, auch bei unseren photographischen Systemen anzubringen verstanden, so dass es wohl erlaubt erscheint, das photographische Objektiv als ein Instrument zu bezeichnen, welches bei aller Einfachheit seiner praktischen Verwendung eine solche Menge verschiedenartiger Anforderungen an den Konstrukteur stellt, wie keines der älteren Instrumente.

Die Eintheilung der Abbildungsfehler ist nun, wenn man sich auf die geometrische Optik beschränkt, von vornherein gegeben,

man hat dann nur die *sphärischen* und die *chromatischen* Aberrationen zu behandeln. Auch wir wollen uns hier auf diesen Standpunkt stellen und nur gelegentlich auf die Ergebnisse der Beugungstheorie zu sprechen kommen.

Es sei dann nur noch hervorgehoben, dass wir nach dem Vorhergehenden uns auf die Annahme ebener, zur Axe senkrechter Objekte beschränken können, da wir sahen, dass es möglich ist, durch Einführung der Projektionsfigur auf der E.-E. die Aufnahme auch räumlich ausgedehnter Gebilde auf diesen Fall zurückzuführen.

1. Die sphärischen Aberrationen im weiteren Sinne.

Die Fehler, welche sich unter Voraussetzung homogenen Lichts in der durch unsere Systeme vermittelten Abbildung ergeben, bezeichnet man ganz allgemein als die *sphärischen Aberrationen im weiteren Sinne.* Man ist im Stande gewesen, für die Hebung mancher derselben allgemeine Kriterien aufzustellen.

Wir nehmen zuvörderst an, dass das leuchtende Objekt in der Axe selbst liege und von sehr kleinen Dimensionen sei, betrachten also Objektpunkte in der Nachbarschaft der Axe. Alsdann ist die Abbildung des Axenpunktes selbst zunächst von Interesse.

a. Die Aberrationen von Axenpunkten (sphärische Aberration im engeren Sinne).

Nehmen wir vorläufig das leuchtende Objekt in der Unendlichkeit an, so sendet es axenparallele Strahlen aus, welche auf die Vorderfläche des photographischen Systems auffallen und nach Durchgang durch ein sammelndes System der Axe zugebrochen werden. Das auffallende Strahlenbüschel wird unserer früheren Voraussetzung nach kreisförmig begrenzt, sei es durch die Fassung der Vorderlinse selbst oder durch irgendwie gelegene Blenden. Die von einem Axenpunkt auf den äussersten noch passirenden Randstrahl gefällte Senkrechte h nennt man (S. 5) die Einfallshöhe dieses Strahls, den ganzen Durchmesser $2\,h = D$ des so be-

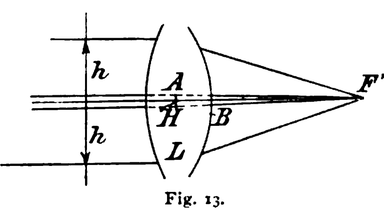


Fig. 13.
Oeffnungsdurchmesser 2 h und Axenbrennweite f_0.

grenzten Büschels die Oeffnung des Systems oder den Durchmesser der E.-P. Zur Definition der S. 7 eingeführten relativen Oeffnung $\frac{2h}{f}$ dient uns die zunächst mit f_0 bezeichnete Brennweite der Axenstrahlen. Eine geometrische Konstruktion dieser Aequivalentbrennweite ist entsprechend der im Anfang gegebenen Ableitung die, dass man die Strahlenrichtung vor und nach der Brechung bis zum Schnittpunkt A verlängert und dann von diesem Schnittpunkt das unendlich kleine Lot AH auf die Objektivaxe fällt. Alsdann ist HF′ die gesuchte Aequivalentbrennweite.

Sphärische Aberrationen bei einfachen Sammellinsen.

Nimmt man nun eine einfache Linse, der Einfachheit wegen bikonvex, an und betrachtet den Strahlengang für parallel auffallendes Licht bei endlicher Oeffnung, so sieht man, dass die zu den Einfallshöhen h_1, h_2, h_3 gehörigen Schnittweiten BS_1, BS_2, BS_3 mit wachsendem h immer kleiner und kleiner werden. Diese Erscheinung, die allen einfachen Sammellinsen eigen ist, bezeichnet man mit dem Namen der *sphärischen Aberration im Sinne einer Unterkorrektion* oder kurz als *sphärische Unterkorrektion*. Sie ist bei einfachen Linsen nicht fortzubringen, kann aber, da sie abhängig von

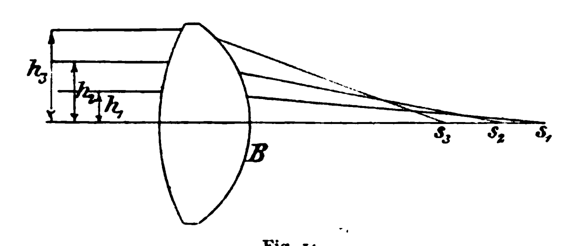


Fig. 14.
Sphärische Aberration bei einer einfachen Sammellinse (Unterkorrektion).

der Form ist, einen Minimalwerth erhalten, welcher in diesem Falle dann erreicht ist, wenn das Verhältniss der beiden Radien den Werth annimmt: $\frac{r_1}{r_2} = \frac{2n^2 - n - 4}{2n^2 + n}$, wobei n den Brechungsexponenten der Linsensubstanz bezeichnet.

Als unmittelbare Folge der sphärischen Aberration stellt sich die Unmöglichkeit heraus, scharfe Bildpunkte der unendlich entfernten Axenpunkte zu erhalten, doch war man bald im Stande, wenigstens den Radius der engsten Einschnürung der bildseitigen Strahlenmannigfaltigkeit in seiner Abhängigkeit von den Bestimmungsstücken der Linse auszudrücken.

Sphärische Aberrationen bei einfachen Zerstreuungslinsen.

Bei einer negativen Einzellinse erhält man das umgekehrte Resultat, die virtuellen Schnittweiten werden grösser, oder, anders ausgedrückt, ihr negativer Betrag wird kleiner, und die vorhin nach links fortschreitende Punktreihe S_1, S_2, S_3 wird bei einer Zerstreuungslinse zu einer rechtläufigen S_1, S_2, S_3, eine Erscheinung, die man mit dem Ausdruck *sphärischer Aberration im Sinne einer Ueberkorrektion* oder kurz *Ueberkorrektion* bezeichnet.

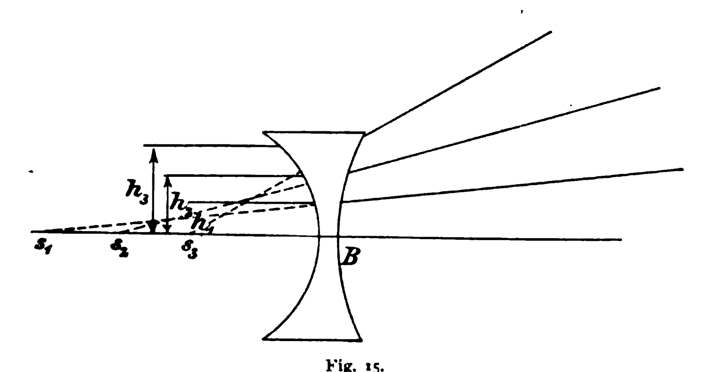


Fig. 15.
Sphärische Aberration bei einer einfachen Zerstreuungslinse (Ueberkorrektion).

Da nun der Aberrationsbetrag nicht allein von dem Oeffnungsverhältniss der Linsen, der Stärke ihrer Wirkung, sondern auch von ihrer Form und dem Material abhängig ist, so ist die Möglichkeit vorhanden, durch passende Kombination zweier Einzellinsen mit entgegengesetzten Aberrationen, also einer positiven und einer negativen Linse, die Aberration des Gesammtsystems zu kompensiren, ohne doch dessen Sammel- oder Zerstreuungswirkung aufzuheben.

Sphärisch korrigirte Systeme aus Sammel- und Zerstreuungslinse

Thatsächlich ist man nun auch im Stande, auf Grund dieser Ueberlegung derartige Kombinationen sogar aus verkitteten Linsen zu konstruiren, die, gegen einfache Linsen gehalten, eine dem Betrage nach sehr verminderte Unter- oder Ueberkorrektion aufweisen. Nun strebte man mit Erfolg danach, Objektive herzustellen, deren Randstrahl endlicher Einfallshöhe h dieselbe Schnittweite hätte wie der Axenstrahl, so dass hier weder von Ueber- noch von Unterkorrektion die Rede sein könnte; alsdann bezeichnete man die Objektive als *sphärisch korrigirt für die Oeffnung* 2 h. Im allgemeinen pflegt man sich bei dieser Kenntniss zu beruhigen, und es entstehen dann aus dieser mangelhaften Anschauung gewisse Missverständnisse.

Sphärische Zonen.

Bei einem sphärisch für die Oeffnung 2h korrigirten Objektive könnten nun auch alle Zwischenstrahlen von der Einfallshöhe h_x, wo $0 < h_x < h$, sich ebenfalls in F' vereinigen, und dann würde man sagen, das Objektiv sei für die ganze Oeffnung 2h frei von sphärischer Aberration. Oder aber, und das ist der in der Praxis allein vorkommende Fall, die Zwischenstrahlen h_x $(0 < h_x < h)$ schneiden die Axe nicht in F', sondern in Punkten S_x, die entweder rechts oder links von F' liegen. Es sei bemerkt, dass im allgemeinen diese Schnittpunkte links von dem Brennpunkt F' liegen, so dass also in der Regel $BS_x < BF'$ ist.

Die Abweichungen $S_x F'$ sind nun unter verschiedenen Namen eingeführt worden, man hat sie **Reste der sphärischen Aberration** genannt oder auch **Zwischenfehler** und **Abweichungen**

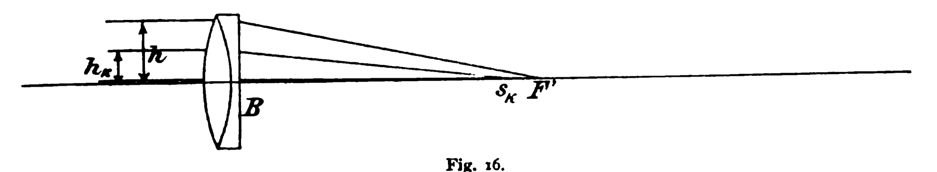


Fig. 16.
Sphärisch für die Oeffnung $D = 2h$ korrigirtes Objektiv. $S_x F'$ sphärische Zonen.

infolge höherer Winkelpotenzen; es sei hier ein anderer wohl noch häufiger gebrauchter Name benutzt. Beachtet man nämlich, dass in S_x alle die Strahlen streng ihre Vereinigung finden, welche der Zone des Objektivs angehören, die von dem Mantel des Strahlencylinders vom Radius h_x ausgeschnitten wird, so ist es gerechtfertigt, sie *sphärische Aberrationen der Objektivzonen* oder kürzer *sphärische Zonen* zu nennen.

Das Vorhandensein sphärischer Zonen hat nun gewisse Erscheinungen zur Folge, deren Kenntniss für die Anwendung des Objektivs von Bedeutung ist.

Abnahme des Oeffnungsverhältnisses bei langbrennweitigen Objektiven infolge Auftretens des Zerstreuungsscheibchens.

Der Körper des von dem unendlich fernen Objektpunkt herkommenden monochromatischen Strahlencylinders wird also nach der Brechung nicht in einen Punkt vereinigt, sondern schneidet die Axe in einer kleinen, meist nach links von F' ausgedehnten Strecke, der sogenannten sphärischen *Tiefenaberration* $S_r F'$. Wo man in dieser Strecke einstellt, lässt sich auf Grund der geometrischen Optik überhaupt nicht feststellen, das ist Aufgabe der Beugungstheorie, da nur mit deren Hilfe die Lichtvertheilung in der Ebene der Mattscheibe ermittelt werden kann. Nur der Gleichmässigkeit

der Gegenüberstellung halber wollen wir annehmen, die Einstellung geschehe auf die Stelle der engsten Einschnürung des Strahlenkörpers. Den Halbmesser des in dieser Ebene entstehenden Zerstreuungskreises nennt man die sphärische *Seitenaberration*, und man sieht auch sofort, dass die Ausdehnung desselben bei konstanter Grösse der Tiefenaberration wächst mit der relativen Oeffnung des Systems. Dieses *Zerstreuungsscheibchen* entspricht an Stelle des idealen Bildpunktes auf der Bildseite dem unendlich fernen Objektpunkt. So lange es nun eine gewisse von dem Bau des Auges abhängige Grösse nicht überschreitet, kann es von dem unbewaffneten Auge oder auch mit Hilfe der in der photographischen Praxis verwandten schwachen Lupen nicht wahrgenommen werden. Konstruirt man aber nach gleichem Typus Systeme von wesentlich

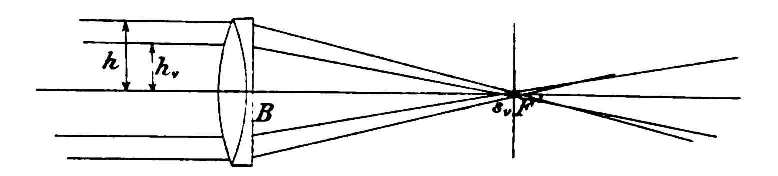


Fig. 17.
Zerstreuungsscheibchen an der Stelle der engsten Einschnürung.

längerer Brennweite, so vergrössert man proportional alle linearen Dimensionen des Objektivs und seiner Fehler, und das hat zur Folge, dass das Zerstreuungsscheibchen die Schwelle der Unerkennbarkeit überschreitet, ein unendlich ferner Objektpunkt also überhaupt nicht mehr scharf erhalten werden kann. Das einzige Mittel, welches man anwenden kann, um unter Beibehaltung des Typus dem entgegenzuwirken, besteht in einer Reduktion der relativen Oeffnung des Systems, wodurch sicher die Seitenaberration, unter Umständen aber auch die Tiefenaberration im Verhältniss zur Brennweite erheblich reducirt wird. Der hier geschilderte Zusammenhang liegt auch der bei einer Serie einigermassen lichtstarker Objektive so häufig beobachteten Erscheinung zu Grunde, dass die relative Oeffnung der einzelnen Systeme mit wachsender Brennweite abnimmt.

Einstellungsdifferenz.

Einen weiteren Uebelstand der sphärischen Zonen bemerkt man beim Einstellen mit dem theilweise abgeblendeten Objektiv. Die Stelle engster Einschnürung, also die Lage der auf grösste Deutlichkeit eingestellten Mattscheibe, verlagert sich bei einem zonen-

behafteten Objektiv mit der Verengerung des durchgelassenen Strahlenkörpers. Diese Abhängigkeit der Einstellung von der Abblendung, welche bei jedem lichtstarken Objektiv mit beträchtlichen Zonen vorhanden ist, nennt man Einstellungsdifferenz bei Abblendung, kürzer *Einstellungsdifferenz*; sie verhindert, die Einstellung bei grosser relativer Oeffnung, d. h. bei gutem Lichte, zu machen und zur Aufnahme das Objektiv abzublenden, ein Verfahren, das bei Reproduktionsaufnahmen zumal von Wichtigkeit wäre. Wo also Objektive mit Zonen verwendet werden, empfiehlt es sich, die Einstellung mit der Blende zu machen, welche für die Aufnahme benutzt werden soll.

Aus dem Vorhergehenden wird die Bedeutung der Zonen klar geworden sein, und es erscheint daher wünschenswerth, eine Methode anzugeben, welche es erlaubt, sich von dem Korrektionszustande der sphärischen Aberration ohne Mühe ein richtiges Bild zu machen.

Methode der graphischen Darstellung der Zonen.

Schon nach der früheren Darstellung kann man sehen, dass bei einem für die Oeffnung $D = 2h$ sphärisch korrigirten Objektive, wenn die Tiefenaberration, wie gewöhnlich, nach links liegt, den Strahlen, deren Einfallshöhe h_x nur wenig kleiner ist als h, ebenso wie den mit ganz kleinen, nur wenig von O verschiedenen Einfallshöhen Schnittpunkte auf der Axe entsprechen werden, die nur wenig links von F′ liegen. Lässt man die Einfallshöhe h_x kleiner

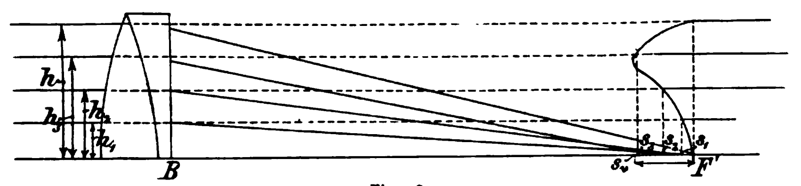


Fig. 18.
Graphische Darstellung des sphärischen Korrektionszustandes.

und kleiner werden, so weichen die Schnittpunkte S_x weiter und weiter nach links zurück, bis man endlich zu einer Einfallshöhe h_v kommt, welche dem Grenzpunkte S_v der sphärischen Tiefenaberration entspricht. Für noch kleinere Einfallshöhen $h_x < h_v$ nehmen die Schnittweiten BS_x wieder zu, bis für $h = O$ die Schnittweite BF′ wieder erreicht ist. Wir sehen also, dass die Strecke der sphärischen Tiefenaberration $S_v F'$ der halben Oeffnung h des Strahlencylinders in der Art zugeordnet ist, dass je zwei Einfallshöhen zu einem Punkte in $S_v F'$ gehören. Diese Art der Beziehung ist nicht

ganz einfach zu übersehen, und es empfiehlt sich eine etwas veränderte Darstellung. Verlängert man nämlich die einfallenden Strahlen durch das Objektiv hindurch, bis sie die in den Punkten S_x auf der Axe errichteten Senkrechten schneiden, so wird auf jedem Strahl ein Punkt bestimmt, und zwar durch rechtwinklige Koordinaten, indem die Ordinate die Einfallshöhe h_x selbst, die Abscisse die Schnittweite BS_x ist. Sämmtliche dieser Punkte durch einen stetigen Kurvenzug verbunden liefern eine die sphärischen Aberrationen darstellende Kurve, die durch Parallele zur Ordinatenaxe auf die Abscissenaxe projicirt Lage und Grösse der sphärischen Tiefenaberration $F'S_r$ ergiebt, während die grösste Ordinate h die Grösse der halben Oeffnung und damit mittelbar auch die relative Oeffnung des Systems erkennen lässt. Um strenge Vergleichbarkeit zu ermöglichen, wurden die Abweichungen sämmtlicher Objektive auf die Aequivalentbrennweite $f_{D,0} = 100$ mm reducirt. Für die Praxis wird es sich empfehlen, die Abscissen in grösserem Massstabe zu zeichnen als die Ordinaten, also eine Verbreiterung eintreten zu lassen, und ferner sich der Raumersparniss wegen auf den ganz rechts gelegenen Theil der Darstellung zu beschränken. Auch auf den beigegebenen Tafeln sind durchweg die sphärischen Zonen nach dieser Methode mit ausgezogenen Linien dargestellt. Benutzt man dieses Schema, so stellt sich einfache Ueber- oder Unterkorrektion dar als eine nach rechts bezw. nach links geneigte Kurve, während die Freiheit von sphärischen Aberrationen durch eine in F' auf der Axe errichtete Senkrechte repräsentirt sein würde, ein Idealfall, dem sich zu nähern man bei der Konstruktion der neueren Systeme mit Erfolg sich bemüht.

Die Aenderung des Korrektionszustandes der sphärischen Aberration bei aplanatischen Systemen durch axiale Verschiebung des Objektpunktes.

Ist nun mit dem Vorhergehenden das mögliche Verhalten der Objektive hinsichtlich der sphärischen Korrektion beschrieben, wenn der Objektpunkt in unendlicher Entfernung sich befindet, so bleibt noch übrig, zu untersuchen, in welcher Weise sich die Abbildung ändert, wenn der Objektpunkt auf der Axe näher rückt. Dann bleibt im allgemeinen die für parallelen Strahlengang vorhandene sphärische Korrektion nicht erhalten, vielmehr ist für ein beliebiges Objektiv der Zustand derselben von der Objektentfernung abhängig. Man kann nun zeigen, dass bei der Annäherung des Objektpunktes aus dem Unendlichen zunächst Unterkorrektion eintritt, wenn, wie vorher betrachtet, die sphärische Korrektion für parallelen Strahlengang erreicht war.

Ist das Objektiv indessen für eine bestimmte endliche Objektentfernung sphärisch korrigirt, so kommt es auf den Winkel an,

den der äusserste Randstrahl vor und nach der Brechung mit der Axe bildet; es sind das die sogenannten Oeffnungswinkel des Systems. Ist der auf der Objektseite der grössere, so ergiebt sich beim Nähern des Objektes sphärische Ueberkorrektion, und sphärische Unterkorrektion, wenn er der kleinere ist.*)

Im allgemeinen ist zu bemerken, dass die Abhängigkeit des Korrektionszustandes von der Objektentfernung bei photographischen Objektiven nur dann eine Rolle spielt, wenn sie bei grossem Oeffnungsverhältniss kleine Zonen haben. Ist das nicht der Fall, so ist auch die beste Bildqualität an und für sich schon eine so unvollkommene, dass die verhältnissmässig geringe Verschlechterung infolge der Abstandsvariation keinen merkbaren Einfluss ausübt.

Es ist möglich und bei einer Reihe von symmetrischen Objektiven auch praktisch durchgeführt, sphärische Korrektion für zwei getrennte Axenpunkte zu erreichen, ein Umstand, der auf die zwischenliegenden Punkte insofern einwirkt, als die durch die Abstandsänderung herbeigeführte Variation des Korrektionszustandes sich dann in engeren Grenzen hält.

Der Forderung, dass die sphärische Korrektion möglichst wenig durch eine Abstandsänderung beeinflusst werde, könnte man Objektive auch entsprechen lassen; es geschieht das aus dem Grunde in der Regel nicht, weil die Erfüllung dieser Forderung bei der Unvollkommenheit des Korrektionszustandes nicht in Erscheinung treten würde. Die mathematische Formulirung dieser Forderung nennt man die HERSCHEL'sche Bedingung.

b. Die Aberrationen nahe der Axe (Abweichungen von der Erfüllung der Sinusbedingung).

Die vorher festgehaltene Beschränkung auf Objektpunkte, die zwar in beliebiger Entfernung vom Objektive aber stets in der Axe anzunehmen waren, fordert gebieterisch eine Erweiterung.

Dieselbe geschieht zunächst durch Ausdehnung der Betrachtung auf die Abbildung in unmittelbarer Nachbarschaft der Objektivaxe gelegener Punkte; es sei dabei zunächst einmal vorausgesetzt, es bestehe für einen bestimmten Objektpunkt in der Axe Freiheit von sphärischen Aberrationen für die ganze Oeffnung des Objektivs,

*) Das gilt unter der Annahme, dass wir es mit den später definirten, aplanatischen Systemen zu thun haben, was in der Praxis der Fall sein wird. S. CZAPSKI (*2. 104*).

mithin für diesen Punkt auf der Bildseite punktmässige Strahlenvereinigung.

Die Einführung der ABBE'schen Sinusbedingung im Idealfalle eines von sphärischen Aberrationen freien Systems.

Nimmt man nun senkrecht zur Axe in dem betreffenden Objektpunkte eine unendlich wenig ausgedehnte Ebene an, welche die demselben axenbenachbarten Punkte enthalten soll, so ist die scharfe Abbildung dieses kleinen Ebenenstückes bei Systemen endlicher Oeffnung im angenommenen Falle von vornherein noch nicht gesichert, weil ja die durch den in unendlich geringer Neigung zur Axe verlaufenden Strahlengang hervorgerufenen wenn auch kleinen Abbildungsfehler von derselben Grössenordnung sein können wie die Dimensionen jenes kleinen Ebenenstückes.

Die Bedingung dafür, dass eine Abbildung auch nahe der Axe zu Stande komme, wenn in einem Paar konjugirter Axenpunkte sphärische Korrektion herrscht, ist von E. ABBE als *Sinusbedingung* aufgestellt worden. Danach muss das Verhältniss der Sinus der Winkel, welche von der Axe und konjugirten Strahlen eingeschlossen werden, und mit ihren Scheiteln in den aberrationsfreien Axenpunkten liegen, ein konstantes sein: $\frac{\sin u}{\sin u'} = \text{konst.}$

Liegt der eine der aberrationsfreien Punkte im Unendlichen, wie das im ersten Falle der Behandlung der sphärischen Aberration angenommen war, so tritt an die Stelle des Sinus des objektseitigen Winkels die Einfallshöhe h, so dass die Formel lautet: $\frac{h}{\sin u'} = \text{konst.}$ Der Werth der Konstanten ist leicht anzugeben, denn man sieht, dass für $h = 0$ der Ausdruck infolge der Gleichheit von Sinus und Tangens für kleine Winkel übergeht in f_0, wo der Index O gebraucht ist, um zu kennzeichnen, dass es sich um die Aequivalentbrennweite der axenbenachbarten Strahlen handelt. Wir erhalten also für den Fall, dass einer der aberrationsfreien Punkte ins Unendliche rückt, die Bedingung: $\frac{h}{\sin u'} = f_0$.

Auf Grund dieses Ausdruckes hat man von F′ aus auf den bilderzeugenden Strahlen die Brennweite f_0 abgetragen und von Brennweiten der Mittel- und Randstrahlen gesprochen, die durch Bildung von $\frac{h}{\sin u'}$ zu finden wären und einen konstanten Werth haben müssten. Gegen diese Definition eines neuen Begriffes „Brennweiten der Mittel- und Randstrahlen“ lässt sich weiter nichts einwenden; es verdient aber bemerkt zu werden, dass denselben eine

analoge Massbeziehung wie der Aequivalentbrennweite schon deshalb nicht innewohnt, weil bei Annäherung des Objektpunktes sich die von den nicht axialen Strahlen durchsetzten Systemtheile ändern. Es ist das ein Umstand, auf den wir später bei Besprechung des Bildfeldes noch zurückkommen werden.

Aplanatische Punkte.

Die Aufhebung der sphärischen Aberration und die Erfüllung der Sinusbedingung sind die beiden Erfordernisse für Herbeiführung des *Aplanatismus* in den beiden konjugirten Punkten, die dann auch nach E. ABBE *aplanatische Punkte* genannt werden.

Dieser Ausdruck aplanatisch hat verschiedene Bedeutungen gehabt. Nach R. H. Bow*) ist er zuerst 1791 von R. BLAIR für Freiheit von sekundärem Spektrum und von andern englischen Schriftstellern für Freiheit von sphärischer Aberration allein gebraucht worden: wir wollen ihn hier stets in dem ABBE'schen Sinne anwenden.

Zonen in der Erfüllung der Sinusbedingung.

Die eben gemachte Annahme von einer vollkommenen Strahlenvereinigung im Bildpunkte auf der Axe ist nun in der Praxis nicht zutreffend, sondern es ist im allgemeinen nur ein Zustand der sphärischen Korrektion für eine bestimmte Oeffnung erreicht, für Mittelstrahlen dagegen besitzt das Objektiv Zonen. Ganz analog nun, wie es nicht möglich war, dieselbe Schnittweite BF' für alle Einfallshöhen zu erzielen, gelingt es nicht, die Bedingung $\frac{h}{\sin u'} = f_0$ für alle Werthe h_x zu erfüllen. Wohl wird sich ein Objektiv so konstruiren lassen, dass diese Gleichung sowohl für axenbenachbarte Strahlen als auch für solche von der bestimmten Einfallshöhe h gilt, für mittlere $h_x < h$ dagegen wird der Quotient im allgemeinen einen andern Werth annehmen, der sich mit h_x stetig ändert, bis er für $h_x = h$ wieder zu f_0 wird. Also auch die Erfüllung der Sinusbedingung ist im allgemeinen nicht ideal für jede Einfallhöhe des Objektivs möglich, in dieser Hinsicht ebenfalls besitzt das Objektiv Zonen.

Damit nun, abgesehen von den durch die Festsetzung eines gegebenen Typus ebenfalls gegebenen und unvermeidlichen Zonen, ein System möglichst vollkommene Bilder von Punkten in der Axe selbst und nahe derselben liefere, wird man genöthigt sein, die Korrektion der sphärischen Aberration und die Erfüllung der Sinus-

---

*) *„The term aplanatic was first used by Dr. Blair (see Transactions of „the Royal Society of Edinburgh,* vol. 3). *He used it to characterise the superior „achromatism claimed for his lenses; it has since, however, been set apart by our „best authors on optics, Coddington, Herschel, &c., to designate freedom of the lens „from spherical aberration.* R. H. Bow, B. J. 1866. **13.** Nr. 300. 50.

bedingung für dieselbe Oeffnung $D = 2h$ vorzunehmen. Denn nur dann wird, abgesehen von den Zonen, dieselbe Oeffnung für den Axenpunkt mit Vortheil verwendbar sein, wie für den seitlich benachbarten.

Die graphische Darstellung der Erfüllung der Sinusbedingung.

Bei sphärisch nicht korrigirten Systemen ist der Nutzen der Sinusbedingung ein fraglicher, da dann die bei der Ableitung derselben gemachten Voraussetzungen einer möglichst scharfen Abbildung des Axenpunktes schon nicht mehr erfüllt sind. Es sind indessen aber auch bei den Systemen die Variationen von $\frac{h}{\sin u'}$ mitgetheilt, bei denen sphärische Korrektion nicht vorhanden ist. Die zur graphischen Darstellung gewählte Methode ist dabei identisch mit der bei Repräsentation der sphärischen Zonen gebrauchten; zu besserer Unterscheidung wurden die Kurven für die Sinusbedingung gestrichelt: Alle durchgerechneten Systeme wurden auf die Aequivalentbrennweite $f_0 = 100$ mm reducirt, und dann wurde für jedes h_x die Differenz $\frac{h_x}{\sin u'_x} - f_0$ zur Gewinnung der Abscisse und zwar nach links abgetragen, wenn das Vorzeichen das negative, nach rechts, wenn es das positive war. Dementsprechend würde dasjenige System *für die Oeffnung* $D = 2h$ *aplanatisch* genannt werden, bei dem der Vereinigungspunkt beider Kurven, der ausgezogenen und gestrichelten, die Höhe h hätte und senkrecht über F' läge.

Es sei zum Schlusse noch hervorgehoben, dass die Bedeutung der Erfüllung der Sinusbedingung am merkbarsten wird bei sehr lichtstarken Systemen.

Die Abbildung von Punkten in endlichem Abstande von der Axe.

Der letzte Abschnitt, in welchem von der Abbildung axennaher Punkte die Rede war, bildet einen Uebergang zu dem nun vorliegenden Thema. Die Definition der aplanatischen Punkte, die unter Berücksichtigung der Forderung einer scharfen Abbildung benachbarter Raumelemente aufgestellt war, enthielt einzig und allein Bestimmungsstücke von konjugirten Axenpunkten. Für die Abbildung axensenkrechter Ebenen ist damit ihre Beschränkung gegeben, und nur sofern man von einer Nachbarschaft zur Axe sprechen kann, ist die Erfüllung der Sinusbedingung eine Garantie für die Bildqualität seitlich gelegener Objekte.

Für seitliche Punkte ist es charakteristisch, dass die abbildenden Büschel die Axe zwischen Objekt und Bild zu kreuzen haben, und in diesem Umstande wird sich ein wesentlicher Unterschied den Axenpunkten gegenüber finden lassen.

Aus dem Früheren können wir uns vergegenwärtigen, dass die abbildenden Büschel als Kegel auf der E.-P. als Basis konstruirt waren, im Verlauf der Brechung die Axe in der Aperturblende des Systems schnitten oder kreuzten und aus der A.-P. wieder als Kegel austretend angenommen waren. Von besonderer Wichtigkeit zeigten sich die Schwerlinien dieser Kegel, welche wir als Hauptstrahlen*) eingeführt hatten, und die, wie wir wissen, durch die Pupillenmitten gehen und die Axe in der Mitte der Aperturblende schneiden.

c. Die Abbildungsfehler in schiefen Büscheln hinsichtlich der Schärfe (Astigmatismus, Koma).

Bedenken wir, dass die unter endlichem Winkel am Orte der Aperturblende die Axe passirenden Hauptstrahlen die Flächen des Systems in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle schief durchsetzen, so erkennen wir sofort, dass das zu einem jeden von ihnen gehörige schiefe Büschel, und sei es noch so wenig geöffnet, beim Passiren des Systems keine Symmetrieaxe mehr hat. Nun hatte sich ja schon bei dem die Abbildung eines Axenpunktes vermittelnden graden Büschel die Komplikation der Zonen eingestellt, wenn es sich um endliche Oeffnungen handelte. Um so mehr wird es sich bei dem schwierigeren Falle unsymmetrischer Brechung empfehlen, sich zunächst auf die Betrachtung unendlich enger Büschel zu beschränken.

---

*) Man hat in photographischen Schriften besonders häufig mit diesem Ausdrucke die nach den Hauptpunkten zielenden Strahlen bezeichnet, eine Ausdrucksweise, die aus dem Grunde nicht gut zu heissen ist, weil die durch die Haupt- oder Knotenpunkte gehenden Strahlen an der Bildererzeugung durchaus nicht betheiligt zu sein brauchen, und es bei einer ganzen Reihe von Objektiven mindestens bei enger Abblendung auch thatsächlich nicht sind. Dass diese Auffassung, welche der Korrektion auch der Hauptpunkte eine grosse Wichtigkeit zuerkennt, nicht schon lange in ihrer Irrigkeit erkannt wurde, ist aus dem Umstande zu erklären, dass die photographischen Objektive, die diese Konstrukteure im Auge hatten, symmetrisch waren, und in diesem, aber auch nur in diesem Falle erhalten die Haupt- und Knotenpunkte allerdings eine andere Bedeutung, weil sie dann mit den Pupillenmitten des Instruments zusammenfallen.

a. Der Astigmatismus (Fehler bei der Abbildung seitlich der Axe gelegener Punkte durch unendlich enge Büschel).

Astigmatische Deformation infolge der Eigenschaften eines Normalenbüschels.

Der Umstand, dass nach dem MALUS'schen Satz alle ein optisches System passirenden, im Anfang monocentrischen Büschel nach beliebig vielen Brechungen eine Orthogonalfläche besitzen, d. h. auf einer bestimmten stetigen Fläche senkrecht stehen, erlaubt für unsern Fall die Benutzung der Resultate der Flächentheorie bezüglich der Normalen einer beliebigen stetigen Fläche. Wir folgern leicht, dass das unendliche dünne, die letzte Orthogonalfläche in einem verschwindenden Kreise verlassende Büschel sich im allgemeinen nicht in einem Punkte wieder vereinigen wird, sondern dass das nur von den beiden Normalenschaaren gelten kann, die auf den Punkten eines der beiden Hauptschnitte errichtet sind, alle übrigen Strahlen werden einander nur kreuzen.

Beschreibung der astigmatischen Deformation nach J. B. STURM.

Für die mit den Resultaten der Flächentheorie nicht vertrauten Leser sei bemerkt, dass man bei der Betrachtung der Abbildung seitlich der Axe gelegener Punkte durch enge Büschel gezwungen ist, die im dreidimensionalen Raume sich abspielenden Vorgänge sich vorzustellen. Die in der Ebene möglichen Lagebeziehungen von Geraden erweitern sich dann um die der Kreuzung, indem im Raume Gerade gedacht werden können, die sich nicht schneiden, obwohl sie einander nicht parallel sind. Wenn wir nun die Entstehung eines Bildpunktes analog den vorher betrachteten Vorgängen in dem die Axe enthaltenden Hauptschnitt zurückführen auf den Schnitt, die Vereinigung zweier Geraden, so folgt daraus, dass es bei den schiefen Strahlen, die ja nicht mehr in einer Ebene verlaufen, von vornherein noch garnicht gesagt ist, dass es überhaupt in diesem Sinne zu einem Bildpunkt kommt, denn alle Strahlen könnten einander ja kreuzen. Bei näherer Betrachtung, die hier ihrer theoretischen Schwierigkeit wegen nicht mitgetheilt werden kann, findet sich dann wirklich, dass die Hauptmenge der zu einem unendlich engen Büschel gehörigen Strahlen sich kreuzen, und dass nur die in zwei auf einander senkrechten Ebenen des Büschels liegenden Strahlen zum Schnitt kommen.

Die beigegebene, nach dem Vorgang von J. B. STURM entworfene Figur versucht, diese Vorgänge deutlich zu machen, sie ist aufzufassen als eine Vergrösserung des im Unendlichkleinen sich abspielenden Vorganges.

Es sei $ABA'B'$ der auf der letzten Orthogonalfläche um O, den Austrittspunkt der Axe des unendlich engen Büschels, beschriebene,

verschwindend kleine Kreis, und das durch die Verbindungslinie von A und A′ definirte flächenhafte Büschel sich schneidender Normalen liege in dem mit der Ebene des Papiers zusammenfallenden *Meridional-* oder *ersten*, das durch BB′ definirte in dem auf ihr senkrecht stehenden *Sagittal-* oder *zweiten Hauptschnitt.* Der Vereinigungspunkt des ersten Büschels sei f_1, der des zweiten f_2, dann sind, wie aus der Figur ersichtlich, gleichzeitig die Längen der Brennlinien CC′ und $C_0 C_0'$ definirt. Man sieht alsdann, dass die senkrecht zur Büschelaxe durch das Büschel gelegten Querschnitte einer von O sich mehr und mehr entfernenden Ebene, welche ursprünglich in O den Kreis ABA′B′ ausschnitt, nunmehr Ellipsen zeigen,

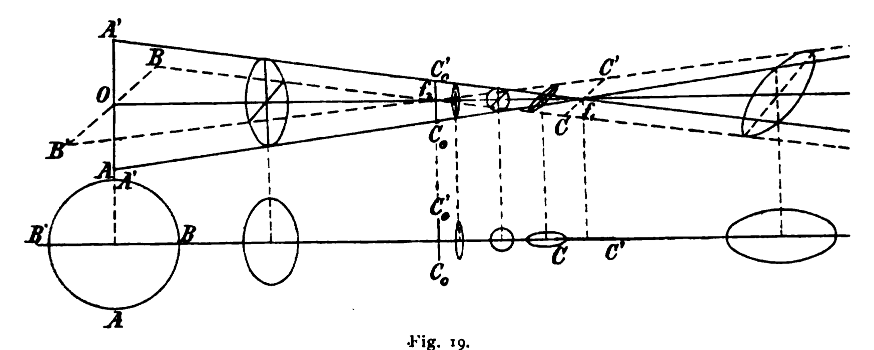


Fig. 19.

Astigmatische Deformation eines unendlich dünnen Büschels nach J. B. STURM. Obere Darstellung perspektivisch; untere: Aufriss der Schnittfiguren des Büschels mit einer axensenkrechten Ebene. $O f_2 f_1$ Büschelaxe. $\left.\begin{array}{l} b_1 = C_0 C_0' \\ b_2 = C C' \end{array}\right\}$ Brennlinien.

deren im zweiten Hauptschnitt gelegene Axe kürzer und kürzer wird, bis sie in f_2 verschwindet, und alle den Kreis ABA′B′ passirenden Strahlen durch die Punkte von $C_0 C_0' = b_1$, der *ersten Brennlinie* gehen, welche axensenkrecht ganz innerhalb des ersten Hauptschnittes liegt. Für Schnitte hinter $C_0 C_0'$ nimmt die im zweiten Hauptschnitt gelegene Ellipsenaxe zu, die im ersten liegende noch weiter ab, bis an einem bestimmten zwischen f_1 und f_2 liegenden Punkte wieder ein Kreis als Schnittfigur entsteht; danach bekommen die Ellipsen ein anderes Aussehen, wenn sie früher hoch waren, so werden sie jetzt breit, d. h. die im ersten Hauptschnitt liegende Axe wird kleiner als die im zweiten. Bei noch weiterem Fortrücken der axensenkrechten Ebene erscheint in f_1 die *zweite Brennlinie* $CC' = b_2$, welche axensenkrecht ganz innerhalb des zweiten Hauptschnittes liegt.

Zum leichteren Verständniss sind die Schnittfiguren senkrecht darunter im Aufriss gezeichnet, sie zeigen die Flächen, welche man auf einer mattirten Scheibe erleuchtet sehen würde, brächte man dieselbe senkrecht zur Axe in ein enges Büschel der beschriebenen Art. Für uns hat hier, so interessant die übrigen Eigenschaften dieses Büschels auch für den Geometer sein mögen, hauptsächlich das Stück zwischen f_2 und f_1 Interesse, in welchem wir das Axenverhältniss der Ellipsen alle Werthe von ∞ bis O annehmen sehen. Es ist von vornherein durch die Anschauung einleuchtend, dass innerhalb dieser Strecke das Licht in gewisser Hinsicht am besten vereinigt ist. Den hier beschriebenen Vorgang, der an einem von einem Objektpunkt ausgesandten engen Büschel infolge der Brechungswirkung sich abspielen kann, wollen wir *astigmatische Deformation des monocentrischen Büschels* nennen.

Die Lage der Brennlinien beim photographischen Objektiv.

Gehen wir nun wieder zum photographischen Objektiv zurück, so können wir es als eine schon früh bemerkte Thatsache bezeichnen, dass schief einfallende Büschel astigmatisch deformirt werden, d. h. es findet für diese überhaupt nirgends mehr eine

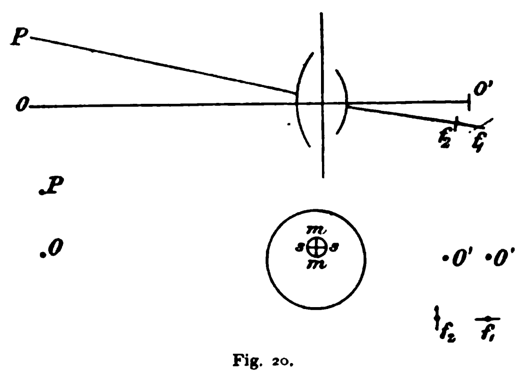


Fig. 20.

Die Lage der Brennlinien f_1, f_2 eines Objektpunktes P am photographischen Objektiv. Obere Darstellung perspektivisch. Untere Darstellung Aufriss von Objektpunkt P, Auffallsgebiet und Schnittfiguren des Büschels auf der Mattscheibe.

punktmässige Vereinigung aller Strahlen statt, sondern an die Stelle des Punktes tritt infolge der astigmatischen Deformation des Büschels ein in der Richtung der Lichtbewegung durch zwei senkrecht einander kreuzende kleine Geraden begrenzter Raum, in welchem das Licht am besten vereinigt ist. Es wird sich nun als nöthig herausstellen, die obige Figur zu einem eng abgeblendeten Objektiv in Beziehung zu setzen.

Nimmt man die Axe des Objektivs als in die Papierebene fallend an, so kann man stets durch Drehung der Papierebene um diese Axe jeden ausserhalb der Axe gelegenen Punkt in die Papierebene fallen lassen. Wir begehen also durch die bei der Zeichnung gemachte Annahme, der ausseraxiale Punkt befände sich in der Papierebene, keine Willkürlichkeit, sondern behandeln mit ihr den allgemeinsten Fall.

Bei unendlich eng abgeblendetem Objektiv passirt nur ein dünnes Büschel von jedem einzelnen Objektpunkt P, das wir uns hier durch den Hauptstrahl repräsentirt denken; alsdann haben wir noch die beiden flächenhaft ausgedehnten Büschel aufzusuchen, deren Elemente mit einander zum Schnitt kommen, und die die beiden Brennlinien definiren.

Es ist von vornherein klar, dass ein solches Flächenbüschel, welches wir das *meridionale* nennen wollen, in der Papierebene liegen muss, denn alle ganz in derselben verlaufenden Strahlen, also auch die dem Hauptstrahl unmittelbar benachbarten, können nach dem Brechungsgesetz diese Ebene unmöglich verlassen und müssen nach Durchgang durch das System sich mit dem Hauptstrahl wirklich schneiden; ihr Schnittpunkt liege in f_1. Das zweite nach dem Vorhergehenden zum ersten senkrechte Flächenbüschel liegt vor und nach dem Durchgang durch das System in einer den Hauptstrahl enthaltenden Ebene, welche senkrecht auf der Papierebene steht; dasselbe wird *Sagittal*büschel genannt und habe seinen Schnittpunkt in f_2. Betrachtet man das Auffallsgebiet in der Aufsicht, so ist in Bezug auf den Mittelpunkt des Systems die Ausdehnung des zweiten, sagittalen Flächenbüschels eine tangentiale, während die ersten meridionalen Büschel ihrer Entstehung nach zu dem Objektivmittelpunkt eine radiale oder meridionale Richtung besassen. Wir sehen also, dass durch den schiefen Strahlengang im Objektiv eine astigmatische Deformation des unendlich engen Büschels eingetreten ist.

Folgen der astigmatischen Deformation für die Bildqualität. Siehe Fig. 21.

Kommen wir nun dazu, die Folgen zu betrachten, welche diese Deformation für die Bildqualität hat, so ist klar, dass man das Bild des leuchtenden Punktes am schärfsten sehen wird, wenn es in den Stellungen f_1 und f_2 aufgefangen wird. Und zwar sieht man, wenn man bei der gewöhnlichen zur Hauptaxe senkrechten Stellung der Mattscheibe sich nach ihrem Mittelpunkt O′ orientirt, das Bild des Objektpunktes in f_2 als eine radial, in f_1 als eine gegen O′ tangential verlaufende kleine scharfe Linie. Haben wir nun in P als Objekt (a) ein gegen O meridional gerichtetes kleines Linienstück, so

wird sich in der Stellung f_2 ein radiales Linienstück in radialer Richtung an das andere reihen und so den Eindruck einer scharfen radialen Linie erwecken, die nur um ein Weniges länger ist als sie bei idealer Abbildung sein sollte. In der Stellung f_1 dagegen sind alle Punktbilder in tangentialer Richtung ausgezogen, und wir erhalten, da dieselben auch hier in radialer Richtung an einander

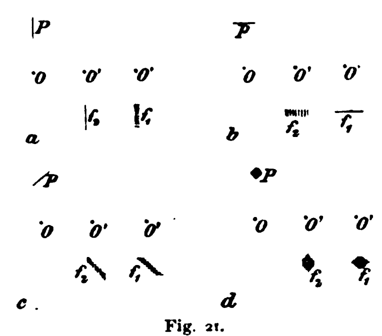


Fig. 21.

Aufriss der Lage des Objekts P und des Negativbildes an der Stelle der Brennlinien f_1, f_2.
a für eine radiale
b für eine tangentiale } Gerade;
c für eine diagonale
d für ein kleines Quadrat.

gereiht werden, als Bild des linienförmigen kleinen Objekts eine viel zu breite und daher unscharf erscheinende Linie. Ist die Objektgerade P tangential gerichtet (b), so erscheint sie in f_1 scharf, in f_2 aber unscharf; ist sie diagonal (c) gerichtet, so erscheint sie nirgends scharf, sondern sowohl in f_1 als in f_2 verbreitert.

Circle of least confusion.

Erfolgt die Einstellung zwischen den beiden Brennpunkten f_1 und f_2, so erscheint stets ein nach zwei Dimensionen ausgedehntes elliptisches Scheibchen auf der Mattscheibe, welches dann als Repräsentant des Punktes aufzufassen ist. An einer Zwischenstelle, wie früher erwähnt wurde, wird das elliptische Scheibchen kreisförmig, und es ist, da sein Durchmesser kleiner ist als die grössere Axe der vorher oder später auftretenden Ellipsen, der Kreis geringster Zerstreuung *(circle of least confusion)* genannt worden. Wir wollen diesen Namen nicht gebrauchen, da die Strahlenvereinigung in den beiden Brennpunkten jedenfalls eine bessere ist. Es sei schliesslich noch hervorgehoben, dass die astigmatische Deformation eines unendlich engen Büschels die Folge hat, dass stets, wie man auch die Mattscheibe stellen mag, als Bild eines Punktes eine Schnittfigur erscheint, die mindestens in einer Richtung eine Aus-

dehnung von derselben Grössenordnung besitzt, wie die enge Blende selbst. Es ist mithin bei allen astigmatisch deformirten Büscheln, also bei allen engen, ein System schief durchsetzenden Strahlenkegeln, auf eine nur sehr mangelhafte Schärfe zu schliessen, die keinesfalls einen Vergleich aushält mit der bei gleicher Abblendung in der Axe erreichten. Trägt man der Erfahrungsthatsache Rechnung, dass mit wachsender Hauptstrahlenneigung auch die astigmatischen Differenzen wachsen, und dass damit die astigmatische Deformation immer stärker und stärker wird, so sieht man ein, dass im allgemeinen eine Abnahme der Schärfe von der Mitte zum Rande des Bildfeldes zu erwarten sein wird.

Astigmatische Punktdeformation.

Doch noch eine andere Folge hat die astigmatische Deformation der abbildenden Büschel. Wir sahen bei der Aufsuchung des Bildes des Objektpunktes, dass derselbe in den Büschelbrennpunkten, wo er am schärfsten erschien, auftrat als Linie, mithin eine Gestaltsänderung erlitten hatte. Aehnliches zeigte sich bei Linien als Objekten, und analoge Erscheinungen würde man bei anderen Objekten finden; so würde beispielsweise ein kleines über Eck stehendes Quadrat (21 d) in ein Sechseck abgebildet werden. Diese Erscheinung ist manchmal als Verzeichnung beschrieben worden, doch wird man sich mit diesem Namen kaum einverstanden erklären können. Man sieht leicht ein, dass diese Gestaltsänderung infolge der astigmatischen Deformation der abbildenden Büschel stattfindet bei Objekten, deren Bilder so klein ausfallen, dass die astigmatischen Brennlinien von gleicher Grössenordnung sind, wie die Bilddimensionen. Bei grossen Bildern würde man eben diese astigmatische Bilddeformation nicht als Aenderung der Gestalt oder Form, sondern als Verschlechterung der Bildqualität, als Auftreten von Unschärfe, wahrnehmen. Die Formänderung betrifft nur die Bildelemente, die Punkte, und es erscheint, um jede Verwechslung zu vermeiden, angebracht, diese Erscheinung als *astigmatische Punktdeformation* von der später zu besprechenden, den Astigmatismus garnicht berührenden Verzeichnung oder Distortion streng zu scheiden.

Die astigmatischen Bildflächen.

Suchen wir nun auf den verschiedenen, von den Objektpunkten ausgehenden Hauptstrahlen die Lagen der Brennpunkte f_2 und f_1 der sagittalen und der meridionalen Büschel, so erhalten wir, durch Verbindung der entsprechenden Orte, zwei zur Objektivaxe symmetrische Kurven, welche die Spuren der *astigmatischen Bildflächen* sind, die durch Rotation um die Axe erhalten werden. Auf diesen findet nun eine möglichst scharfe Abbildung der Objektpunkte statt,

und hätte man diesen Rotationsflächen entsprechend geformte Schalen als Mattscheiben, so würden in der Fläche der f_2 alle radial zum Mittelpunkt gerichteten Graden der Zeichnung als radial gerichtete Kurven scharf erscheinen, alle anders wie verlaufenden Kurven aber unscharf; während sich in der Fläche der f_1 alle tangential verlaufenden Linienstücke und nur diese scharf abbilden würden. Könnte man nun eine dritte Fläche so herstellen, dass sie alle Orte der kleinsten Zerstreuungskreise enthielte, so würde man eine für jede Zone dieser Bildfläche gleichförmige, aber

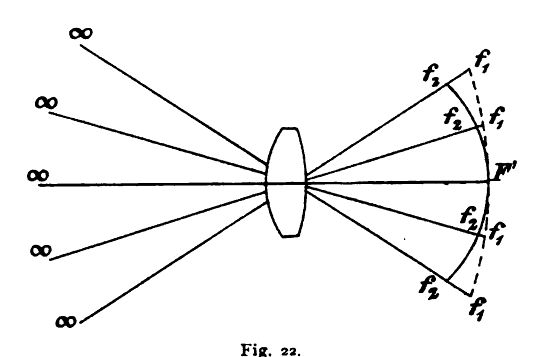


Fig. 22.
Die astigmatischen Bildflächen eines unendlich entfernten Objektes.

nach dem Rande zu schnell zunehmende Unschärfe für alle irgendwie verlaufenden Geraden erhalten.

Der Charakter der astigmatischen Deformation enger Büschel bleibt für die verschiedenen Objektentfernungen bestehen. Es behalten also die beiden astigmatischen Bildflächen im allgemeinen getrennte Lage für alle durch schief auffallende Strahlen abgebildeten Objekte. Jedenfalls sind die durch eine innerhalb der thatsächlichen Grenzen bleibende Variation der Objektentfernung hervorgebrachten Aenderungen in den astigmatischen Differenzen zu gering, um die Augenfälligkeit dieser Aberration zu mindern.

Astigmatische Differenzen und die Methode ihrer Darstellung nach P. Rudolph.

Die graphische Darstellung wurde mit geringen Modifikationen nach der von P. Rudolph vorgeschlagenen Methode gegeben, bei der auf der Ordinatenaxe die objektseitigen Neigungswinkel ω der Hauptstrahlen gegen die Axe abgetragen werden, während die Abscissenaxe eine Millimetertheilung in vergrössertem Massstabe erhält. Zur Darstellung gebracht werden die Differenzen der Orte der auf die Hauptaxe projicirten astigmatischen Brennpunkte gegen den Ort des Hauptbrennpunktes F', die wir im folgenden kurz

astigmatische Differenzen nennen wollen. Diese Projektionen wurden gewählt, weil man dieselben bei thatsächlicher Ausführung der Messung astigmatischer Einstelldifferenzen an der Kamera erhält. Dabei wurden in der Darstellung die Kurven der sagittalen Büschel ausgezogen, die der meridionalen gestrichelt. Als Objektentfernung ist, wo nichts anderes angegeben wurde, stets ein unendlich grosser Abstand angenommen worden, so dass die sphärischen und astigmatischen Resultate stets direkt vergleichbar sind. Die Darstellung erlaubt, die Grösse der astigmatischen Differenzen unmittelbar zu entnehmen.

R. H. Bow's Darstellung der astigmatischen Flächen.

Es mag an dieser Stelle erwähnt werden, dass lange Zeit, mehr als 25 Jahre vor P. RUDOLPH's Vorschlag, eine Methode der Darstellung der astigmatischen Abweichungen von R. H. Bow in Vorschlag gebracht worden ist. Dieselbe sollte für die Registrirung der Beobachtungsergebnisse an einem sehr zweckentsprechend erdachten, einfachen Apparat verwandt werden. Es kamen Polarkoordinaten zur Verwendung, und zwar sind als Polarwinkel die Neigungswinkel der Hauptstrahlen, als Radiivektoren die Abstände der Brennlinien gewählt worden.

Der Grund, nicht diese Methode der Darstellung gewählt zu haben, liegt einmal darin, dass ich dieselbe erst verhältnissmässig spät (im Frühjahr 1897) zu Gesicht bekam, als ein Theil der nach RUDOLPH'scher Methode angelegten Rechnungen schon beendet war, andererseits aber die Herstellung der Kurven in der gewählten Methode mindere Schwierigkeiten zu bieten schien. Hinwiederum könnte man mit Hilfe der Bow'schen Methode eine Darstellung des Schnittes durch die astigmatischen Bildflächen erhalten, der noch etwas mehr böte als die graphische Darstellung der astigmatischen Differenzen nach P. RUDOLPH.

Korrektion des Astigmatismus und astigmatische Zonen.

Ueber die Schädlichkeit der besprochenen Aberrationsart kann ein Zweifel nicht bestehen, und da ist es verständlich, dass man sich um die Hebung dieses Bildfehlers bemühte. Die Möglichkeit ist dadurch gegeben, dass die erste Ursache des Astigmatismus, der schiefe Auffall an den brechenden Flächen, astigmatische Aberrationen entgegengesetzten Charakters hervorbringt, je nachdem diese Flächen sammelnd oder zerstreuend wirken. Als Beispiel sei die Wirkung einer sammelnden und einer zerstreuenden Fläche von gleichem Radius bei gleichen Neigungswinkeln und gleicher Brechungsexponentendifferenz in der beschriebenen Weise graphisch dargestellt. Man ersieht daraus unmittelbar, dass nicht nur die Krümmung der beiden Bildkurven, sondern auch ihre gegenseitige Lage

die entgegengesetzte ist. Die starke Grössenverschiedenheit der astigmatischen Differenzen hat ihren Grund darin, dass bei der sammelnden Fläche des Beispiels trotz der Gleichheit der Neigungswinkel doch grössere Incidenzwinkel sich ergeben.

Hieraus wird es verständlich, dass man bei der Korrektion eines mehrere Flächen enthaltenden Objektivs durch geeignete Verfügung über Krümmungsradien, Blendenabstand und die übrigen Konstruktionselemente im Stande sein wird, für eine bestimmte Zone des Bildfeldes — die dem objektseitigen Neigungswinkel ω entsprechen möge — die beiden Bildflächen zum Schnitt zu bringen, und somit den Astigmatismus dort aufzuheben. Solche Systeme

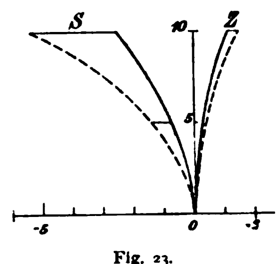


Fig. 23.
Astigmatische Differenzen einer sammelnden (S) und einer zerstreuenden (Z) Fläche für Hauptstrahlenneigungen bis zu 10°.

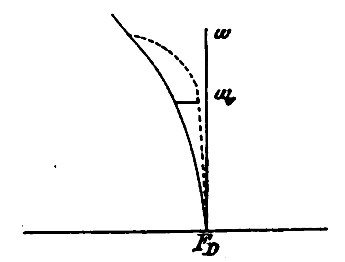


Fig. 24.
Graphische Darstellung einer für die Neigung ω hinsichtlich des Astigmatismus durchgeführten Korrektion.

wollen wir als *hinsichtlich des Astigmatismus für den Bildwinkel* ω *korrigirt* bezeichnen. Ganz ähnlich wie bei der sphärischen Korrektion und der Erfüllung der Sinusbedingung für eine bestimmte Einfallshöhe h, treten auch hier bei astigmatischer Korrektion Zonen auf, indem wir für Winkel ω_v, für welche $0 < \omega_v < \omega$ gilt, astigmatische Deformationen bemerken werden, die anfangs klein sind, dann ein bestimmtes Maximum überschreiten, um für ω wieder zu verschwinden. Für gänzlich frei von Astigmatismus innerhalb eines gewissen Winkelraumes werden wir diejenigen Systeme erklären, bei denen auf keinem der in Betracht kommenden Hauptstrahlen Astigmatismus zu bemerken ist.

β. Die Koma (Fehler bei der Abbildung seitlich der Axe gelegener Punkte durch endlich geöffnete Büschel).

Denken wir uns nunmehr die unendlich eng angenommene Blende auf eine endliche Oeffnung erweitert, so wird eine ähnliche Art von Abweichungen auftreten können, wie sie bei dem von

einem Axenpunkt ausgehenden Büschel bemerkt wurde. Wir wollen diese Abweichung bezeichnen als *die sphärische Aberration schiefer Büschel.* Dieselbe wird im allgemeinen im Meridionalschnitt sowohl als im Sagittalschnitt auftreten; es muss aber darauf aufmerksam gemacht werden, dass der Strahlengang im letzteren, da die rechte und die linke Seite des Objektivs sich vollkommen analog verhalten, ein zweiseitig symmetrischer ist, während der Verlauf im Meridionalschnitt gänzlich unsymmetrisch scheint. Diese Verschiedenheit kommt denn auch in der Natur der Zerstreuungsfiguren zum Ausdruck, dieselben sind in radialer Richtung unsymmetrisch geformt, senkrecht dazu aber zweiseitig symmetrisch. Häufig hat diese Figur das Aussehen eines Kometen, der seinen Schweif der Axe zu- oder von ihr abkehren kann (*innere* oder *äussere Koma*), ein Aussehen, das dieser Aberration die übliche Bezeichnung *Koma* verschafft hat. Eine Vereinigung in Brennlinien findet nun nicht mehr in strengem Sinne statt, an Stelle der Brennlinien erscheinen in Objektiven mit starkem Astigmatismus am Orte der besten Einstellung längliche von Nebeln umgebene Kerne.

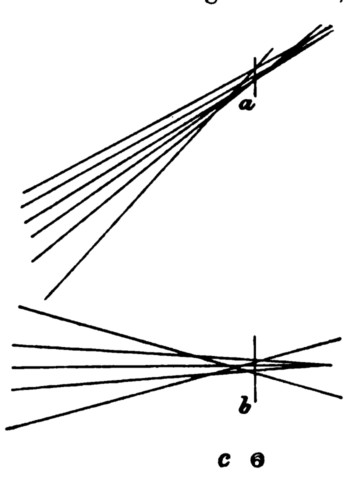


Fig. 25.
a, b, c Darstellung der Koma.
a unsymmetrische Aberrationen im Meridionalschnitt.
b symmetrische Aberrationen vom Charakter sphärischer Unterkorrektion im Sagittalschnitt.
c Zerstreuungsfigur auf der Mattscheibe (äussere Koma).

In astigmatisch korrigirten Systemen ist die Strahlenvereinigung auch bei endlicher Oeffnung des Objektivs eine vollkommenere, doch bleibt die Asymmetrie aller nicht im Sagittalschnitt verlaufenden Büschel bestehen; für die Hebung der Fehler in der Strahlenvereinigung muss noch besonders gesorgt werden, und zwar ist bei geringer Neigung der Strahlen die Bedingung für eine deutliche Abbildung in der Abbe'schen Sinusbedingung schon aufgeführt; bei grösserer Strahlenneigung kann man sich durch trigonometrische Durchrechnung endlich geöffneter schiefer Büschel von dem Korrektionszustande überzeugen.

d. Die Abbildungsfehler hinsichtlich des Ortes der Strahlenvereinigung schiefer Büschel (Bildfeldkrümmung).

Ausgleichende Einstellung.

Hat man in der vorstehend beschriebenen Weise die Korrektion des Astigmatismus für ein bestimmtes Bildfeld 2ω herbeigeführt, wodurch gleichzeitig auch die astigmatischen Differenzen der Zwischenstrahlen unter einen bestimmten Betrag herabgedrückt werden, so kann man davon sprechen, dass innerhalb des genannten Winkels einem Objektpunkt auch wieder ein Bildpunkt entspräche, wobei allerdings von jenen Differenzen auf den Zwischenstrahlen abzusehen ist. Trotzdem ist aber von Schärfe der Zeichnung auf der Mattscheibe im allgemeinen noch nicht zu sprechen, vielmehr wird die Mattscheibe in der Regel nur eine Zone mit dem meistens gekrümmten Bildfeld gemein haben; auf dieser Zone wird Schärfe herrschen, nach innen und aussen von derselben aber tritt Unschärfe auf, da die Büschel von anderen als zu der Zone gehörigen Neigungswinkeln sich entweder vor oder hinter dem Orte der Mattscheibe schneiden. ***Ausgleichende Einstellung zwischen Mitte und Rand*** ist mithin nur für ein beschränktes Bildfeld zu erreichen.

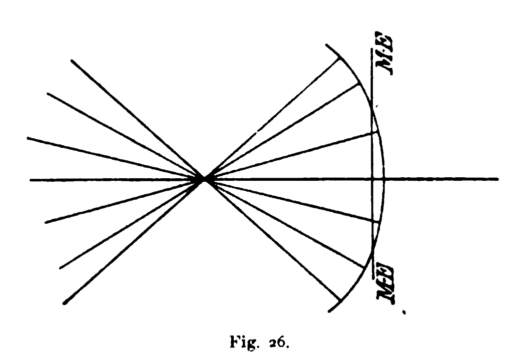


Fig. 26.
Gekrümmtes Bildfeld ohne wesentlichen Astigmatismus mit ausgleichender Einstellung der Mattscheibe für Mitte und Rand.

Bildfeldkrümmung alter Objektive.

Es ist nun ganz charakteristisch, dass man wohl den Astigmatismus in der oben geschilderten Art mit Hilfe beliebiger Glasarten korrigiren kann, dann aber über die Krümmung der Bildfläche keine Verfügung mehr hat. Die optischen Eigenschaften der verwendeten Gläser sind durchaus entscheidend für die Krümmung des astigmatisch korrigirten Bildfeldes, keine Wahl der Radien und Dicken ist bei ungeeignetem Glasmaterial im Stande, anastigmatische Bildebenung herbeizuführen. Schon verhältnissmässig früh wurde dies von J. Petzval erkannt und später von L. Seidel — beide waren im Besitz analytischer Entwickelungen, in denen Strahlen kleiner Neigung berücksichtigt waren — dahin ergänzt,

dass die gleichzeitige Korrektion beider Bildfehler, des Astigmatismus und der Bildfeldkrümmung nur dann möglich ist, wenn mindestens ein Teil der Sammellinsen einen höheren Brechungsexponenten besitzt als die Zerstreuungslinsen des Systems. Bei den früher der Optik zur Verfügung stehenden Gläsern widerstrebte diese Forderung den Bedingungen der Achromasie, und da ein Verstoss gegen diese schlimmer ist als das Bestehen von Bildfeldkrümmung, so sah man sich genöthigt, das kleinere Uebel zu wählen.

Für Strahlen endlicher Neigung mangelte es an einer wissenschaftlichen Behandlung des Astigmatismus durchaus, doch ergab die Erfahrung in der optischen Praxis die Unmöglichkeit gleichzeitiger Hebung von Astigmatismus und Bildfeldkrümmung. So hatten sämmtliche alten Systeme, welche man anastigmatisch nennen kann, ein nach dem Objektiv zu konkaves Bildfeld. Dies war ein Hinderniss hauptsächlich bei Reproduktionsaufnahmen, die man infolgedessen mit grosser Blende überhaupt nicht scharf erhielt. Für Landschaftsaufnahmen bedeutet eine derartige Bildfeldkrümmung nicht durchaus einen Nachtheil. Sehr häufig nämlich liegen die aufzunehmenden Objekte auf einer zum Objektiv konkaven Fläche, und alsdann ist zur Aufnahme auf ebenen Platten, wie eine einfache Ueberlegung zeigt, ein Objektiv mit gekrümmtem Bildfeld besser geeignet als eins mit geebnetem.

Bildfeldebenung im übertragenen Sinne.

Manche Konstrukteure entschieden sich, um der Bildfeldkrümmung zu entgehen, auf astigmatische Korrektion ganz zu verzichten und nur etwa die Fläche der kleinsten Zerstreuungskreise zu ebnen. Zu diesem Zwecke liessen sie die Bildfläche der meridionalen Büschel sich ungefähr ebensoweit von der idealen Bildebene entfernen nach der einen Seite als die Fläche der sagittalen Büschel nach der anderen. Wir wollen das Verfahren die Herbeiführung von *Bildfeldebenung* im *übertragenen* oder *uneigentlichen Sinne* nennen. Bei den mit den alten Gläsern unvermeidlich grossen astigmatischen Differenzen bedeutet indessen eine derartige Anordnung schon bei einem engen Büschel eine Verzichtleistung auf eine wirklich scharfe Abbildung überhaupt, und bei endlich geöffneten Büscheln würde in diesem Falle

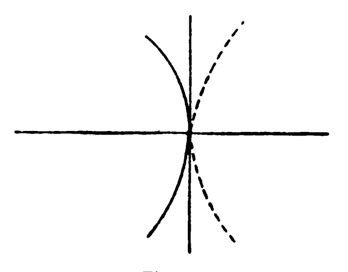


Fig. 27.
Ebenung der Fläche der kleinsten Zerstreuungskreise durch entgegengesetzte Krümmung der astigmatischen Bildflächen.

vollends die Bildqualität verschlechtert. Eine derartige Korrektionsmethode kann nur dann einen rechten Sinn haben, wenn die astigmatischen Differenzen bei der Ebenung der Fläche der kleinsten Zerstreuungskreise ganz klein bleiben.

Anastigmatische Bildfeldebenung.

Immerhin blieb es das Bestreben der Optiker die *anastigmatische Bildfeldebenung* herbeizuführen, ein Bestreben, das erst gestillt werden konnte, als durch die Erfolge des Jenaer Glaswerks die nothwendigen Glasarten zur Verfügung standen. Nach dem Misslingen mannigfacher Versuche gelang es erst P. Rudolph, seit 1890 zunächst die oben erwähnte Lücke in der Theorie des Astigmatismus starkgeneigter Strahlen auszufüllen, und dann in photographischen Objektiven die bis jetzt besprochenen vier Bedingungen (Sphärische Korrektion, Sinusbedingung, Astigmatische Korrektion und Bildfeldebenung) und daneben noch die der Verzeichnungsfreiheit zusammen zu erfüllen. Das von ihm aufgestellte Princip zur Erreichung anastigmatischer Bildfeldebenung (Gegensätzlichkeit in der Abstufung der Brechungsexponenten) war der speciellen Form seines denkbar einfachen Doppel-Objektivs angepasst, im wesentlichen bestand der von ihm erzielte Fortschritt in der erstmaligen Verwerthung des hochbrechenden Crowns in sphärisch korrigirten Systemen mit der bewussten Absicht, dadurch anastigmatische Bildfeldebenung herbeizuführen.

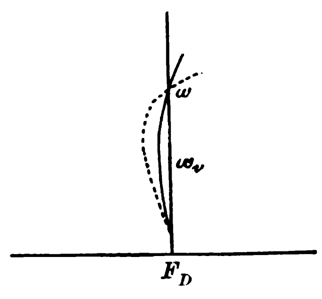


Fig. 28.
Graphische Darstellung einer für die Neigung ω gleichzeitig für Astigmatismus und Bildfeldkrümmung durchgeführten Korrektion.

Hinsichtlich der anastigmatischen Ebenung sei noch bemerkt, dass man ein System dann *anastigmatisch geebnet* nennen wird *innerhalb eines Bildfeldes* 2 ω, wenn der für die Hauptstrahlneigung ω herbeigeführte Schnitt der beiden astigmatischen Bildflächen, der meridionalen und der sagittalen Büschel, mit dem Brennpunkt F in einer axensenkrechten Ebene liegt. Für die Zwischenstrahlen wird im allgemeinen astigmatische Deformation in mässigem Grade, event. nur Bildfeldkrümmung bemerkbar sein; ist das für keinen Zwischenstrahl der Fall, so wird man in Uebereinstimmung mit den früher von uns gebrauchten Bezeichnungen das System als völlig frei von Astigmatismus und Bildfeldkrümmung für das Bildfeld 2 ω bezeichnen.

e. Die Abbildungsfehler hinsichtlich der Aehnlichkeit des Bildes (Verzeichnung, Distortion).

Definition der Orthoskopie ohne Rücksicht auf andere Bildfehler.

Wir haben schon öfter Gelegenheit zu dem Hinweis gehabt, dass in der Praxis ausnahmslos die lichtempfindliche Schicht auf ebenen Platten verwandt wird; wir hatten fernerhin gesehen, dass man die Abbildung eines beliebigen räumlich ausgedehnten Objekts mindestens bei engen Büscheln zurückführen kann auf die Abbildung einer axensenkrechten Ebene, der E.-E. Da stellt sich dann der Wunsch ganz von selbst ein, dass die durch das photographische System gelieferte Zeichnung der auf der E.-E. völlig ähnlich werde; ist das der Fall, so bezeichnet man das Objektiv, welches diese Abbildung liefert, als *verzeichnungsfrei*, *orthoskopisch*, oder *frei von Distortion*.

Diese Frage nach der winkeltreuen Zeichnung steht nun nicht gerade in einem engen Zusammenhang mit den vorher behandelten Abbildungsfehlern, die sich auf die Schärfe bezogen. Sobald ein System auch nur ein ganz unvollkommenes, mit allen möglichen Abbildungsfehlern behaftetes Bild entwirft, so tritt doch die Frage nach der Verzeichnungsfreiheit auf, vorausgesetzt, dass man in dem Bilde nur einige Theile des Objekts zu erkennen vermag. Die Behandlung hat also ganz abzusehen von der Güte der Strahlenvereinigung an den verschiedenen Orten der Mattscheibe, es sei einzig die schon früher gemachte Voraussetzung in das Gedächtniss zurückgerufen, dass die Bilder ihre Lage auf der Mattscheibe mit Verengerung der Blende nicht ändern. Lässt man diese Annahme bestehen, und sie ist thatsächlich bei den in der Praxis verwendbaren Systemen erfüllt. so wird das Bild eines Objektpunktes an der Durchstossungsstelle des zugehörigen Hauptstrahles durch die Mattscheibe aufgefasst, und es reducirt sich unsere ganze Untersuchung auf die Betrachtung eines einfachen Projektionsvorganges*).

---

*) Ganz entschieden ist gegen die Annahme Stellung zu nehmen, als hätten die Brennweiten der schiefen Büschel auch nur das mindeste mit der Winkeltreue der Zeichnung auf der Mattscheibe zu thun, so wichtig sie auch für die Schärfe sind. Die Bestimmung des Durchstossungspunktes des unter ω geneigten Hauptstrahls auf der Mattscheibe ist aber eindeutig gegeben durch den Abstand zwischen A.-P. und M.-E., und den Winkel ω'. Zwei Thatsachen hätten auf die Unrichtigkeit der obigen Behauptung meiner Ansicht nach schon mit genügender Deutlichkeit weisen müssen: einmal die für praktische Zwecke zweifellos bestehende und von jenen Autoren sogar als streng angenommene Verzeichnungsfreiheit aller, auch der sphärisch nicht korrigirten, symmetrischen Systeme, gleichgültig ob eine Korrektion für schiefe Büschel statt

Die Erscheinungsformen der Distortion.

Nennt man die Entfernung zwischen E.-P. und E.-E. a, zwischen A.-P. und M.-E. a', so muss, wenn y und y' die Axenentfernungen der Durchstossungsstellen des Hauptstrahls auf der E.-E. und M.-E. sind, für verzeichnungsfreie Systeme die Relation bestehen $\frac{y'}{y} = \frac{1}{n}$,

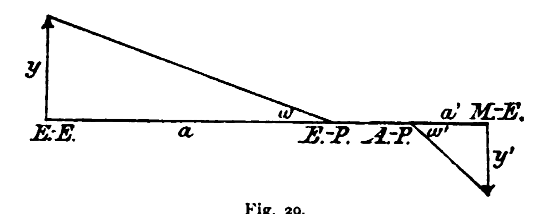


Fig. 29.
Gang der Hauptstrahlen bei der Reproduktion eines ebenen Objekts.

wie gross auch y sein mag. Dabei giebt n die Reduktionszahl an, die für beliebige Höhen y konstant sein muss. Ist das nicht der Fall, sondern nimmt n beispielsweise mit wachsendem y zu, so wird bei der Abbildung eines Quadrats die Diagonale verhältnissmässig stärker verkleinert als die Quadratseite, und wir erhalten

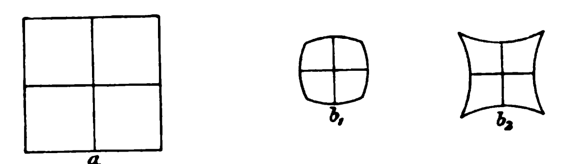


Fig. 30.
a Objekt, b_1 Bild mit tonnenförmiger Verzeichnung, b_2 Bild mit kissenförmiger Verzeichnung.

tonnenförmige Verzeichnung *(barrel-shaped distortion)*. Verkleinert sich n indessen mit wachsendem y, so wird die Diagonale verhältnissmässig weniger verkleinert, und wir bekommen kissenförmige Verzeichnung *(cushion-shaped distortion)*. Durch Einsetzen der Werthe für y und y' erhält man $\frac{y'}{y} = \frac{a' \operatorname{tg} \omega'}{a \operatorname{tg} \omega} = \frac{1}{n}$.

Abhängigkeit von Neigung der Hauptstrahlen und Objektentfernung.

Wir sehen also aus der Form des Ausdruckes, dass die Konstanz der Reduktionszahl für alle möglichen Objektgrössen nicht allein abhängig ist von dem Winkel ω, unter dem das Objekt von dem Mittelpunkt der E.-P. aus erscheint, sondern auch von der Ent-

---

hatte oder nicht. Ferner aber die Thatsache, dass alle Objektive mit Vorderblende, auch die sonst für grade und schiefe Büschel gut korrigirten, die bekannte Verzeichnung ergaben.

fernung a zwischen dem Schnittpunkt des Hauptstrahls von der Neigung ω und dem Axenpunkte des Objekts.*) Besitzt also die E.-P. als Bild der Mitte der Aperturblende sphärische Aberrationen, so werden dieselben bei der Verzeichnung eine Rolle spielen. Es eröffnet sich uns damit ein Ausblick auf die Möglichkeit, dass die obige Relation nicht mehr identisch, d. h. nicht mehr für alle Neigungen ω und alle Objektentfernungen a erfüllbar sei, und somit solchen Objektiven die Eigenschaft völliger Verzeichnungsfreiheit nicht erteilt werden könne.

Airy'sche und Bow-Sutton'sche Bedingung.

Man nahm früher an, dass die Verzeichnungsfreiheit erreicht sei, wenn die Airy'sche Bedingung für die Tangenten der Hauptstrahlwinkel erfüllt sei $\frac{\operatorname{tg}\omega'}{\operatorname{tg}\omega} = \text{konst.}$ In Uebereinstimmung damit sah man die zur Blendenebene symmetrischen Objektive als verzeichnungsfrei an, weil bei diesen infolge der identischen Brechungen vor und hinter der Blendenebene der Haupstrahl unter demselben Winkel in das Objektiv eintritt, unter dem er es auch wieder verlässt, ist ja doch hier identisch $\frac{\operatorname{tg}\omega'}{\operatorname{tg}\omega} = 1$. Es ist nun auch wirklich die Erfüllung der Tangentenbedingung der wichtigere Theil, und man kann mit Recht solche symmetrische Objektive als *praktisch* verzeichnungsfrei hinstellen, wodurch der Irrthum der älteren Optik seine Erklärung findet.

Kommen wir nun zu der Betrachtung des Theiles $\frac{a'}{a}$, so ändert sich derselbe mit den sphärischen Aberrationen in den Pupillen, und da diese Abweichungen der Brennweite gegenüber nur klein sind, so sind die davon herrührenden Schwankungen in der Vergrösserung in der Regel nur unbeträchtlich. Dieser Zusammenhang ist schon früh, im Anfang der 60er Jahre, durch die Bemühungen von R. H. Bow und Th. Sutton aufgedeckt worden, aber wieder gänzlich in Vergessenheit gerathen. Wir wollen in Zukunft die Bedingung der *Aberrationsfreiheit der Pupillen* die Bow-Sutton'sche nennen. Bleiben wir der Einfachheit wegen bei symmetrischen Objektiven, so sind meistentheils die Pupillenorte sphärisch nicht korrigirt, und die Aberrationsbeträge wachsen bei wachsender Hauptstrahlneigung ω, so dass der nebenstehende Verlauf der Haupt-

*) a' und ω' sind hier nicht erwähnt, da sie bei einem gegebenen Objektiv von a und ω abhängig sind.

strahlen zu Stande kommt, bei dem Verzeichnungsfreiheit nicht besteht.

Man kann aber auch eine sphärische Korrektion für die Pupillenorte eines symmetrischen Objektivs durchführen, die beispielsweise für die Neigung $\omega = \bar{\omega}$ erreicht sein mag, so dass $\left(\frac{a'}{a}\right)_{\omega=0} = \left(\frac{a'}{a}\right)_{\omega=\bar{\omega}}$.

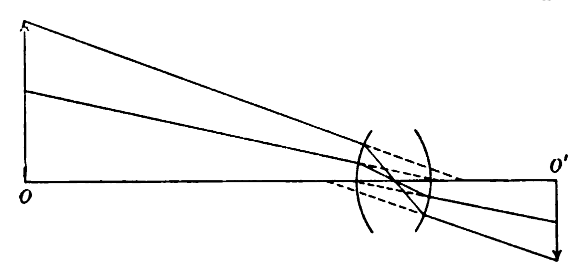


Fig. 31.
Schema für den Gang der Hauptstrahlen bei einem holosymmetrischen Objektiv mit unkorrigirten Pupillen.

Dann ist das Objektiv, um bei unseren früheren Bezeichnungen zu bleiben, *für die Hauptstrahlenneigung $\omega = \bar{\omega}$ hinsichtlich der Verzeichnung korrigirt*, während für zwischenliegende Neigungen Verzeichnungsreste bestehen können. Näheres über diese Frage findet sich in des Verfassers Aufsatz *3.*

Praktisch verzeichnungsfreie Objektive.

Von einer graphischen Darstellung dieses Abbildungsfehlers wurde abgesehen; dieselbe würde, da die Abhängigkeit von zwei unabhängigen Variabeln in Frage kommt, die Isoplethenmethode, also ein ziemlich umständliches Verfahren erfordern. Die Abweichungen von der Vorlage sind aber bei den praktisch verzeichnungsfreien Objektiven so gering, dass sie selbst für Reproduktionsaufgaben nicht als störend in Betracht kommen. Hinsichtlich der Objektive mit Vorderblende ist zu bemerken, dass sie alle für grosse Objektentfernungen tonnenförmig verzeichnen, und zwar für den gleichen Bildfeldwinkel im allgemeinen um so mehr, je lichtstärker sie sind. Die Aenderungen der Verzeichnung mit der Objektentfernung sind hier nur unbedeutend und in der Praxis nicht zu bemerken. Man kann solche Einzellinsen nicht als verzeichnungsfrei ansehen, doch fällt der Fehler nicht ins Auge, solange man sich auf kleine Bildfeldwinkel beschränkt. Zu Messungszwecken sind solche Aufnahmen natürlich nicht zu verwenden.

Theoretisch verzeichnungsfreie Objektive.

Man ist aber auch im Stande, die BOW-SUTTON'sche Bedingung streng zu erfüllen und $\frac{a'}{a}$ durch Wahl geeigneter Typen vollständig

unabhängig von den Hauptstrahlneigungen ω zu machen, und das ist der Fall in allen Systemen, die um die Blendenmitte koncentrisch sind. Da bei diesen Typen auch die Tangentenbedingung erfüllt ist, so sind dieselben im strengen Sinne verzeichnungsfrei für jede Objektentfernung und durch das ganze Bildfeld. Es gehören in diese Klasse TH. SUTTON's *panoramic lens* und die von I. PORRO wahrscheinlich, sicher von A. STEINHEIL und H. SCHROEDER angegebene, aus einer Crownglaskugel und koncentrischen Flintglasschalen bestehende Konstruktion.

Konjugirte Ebenen mit annähernder Orthoskopie.

Andererseits lässt sich aber auch in der Regel für ein beliebiges nicht verzeichnungsfreies Objektiv eine Objektentfernung finden, für die — unter Umständen nur in erster Annäherung — Verzeichnungsfreiheit besteht. Bei den symmetrischen Objektiven ist das, wie R. H. Bow zuerst zeigte, strenge der Fall und zwar für diejenige Objektentfernung, für die im Luftzwischenraum paralleler Strahlengang herrscht, also ist bei holosymmetrischen Objektiven die Reduktion auf gleiche Grösse, bei hemisymmetrischen die auf das Grössenverhältniss der beiden Komponenten vollständig verzeichnungsfrei. Bei unsymmetrischen Objektiven lässt sich diese Objektentfernung, wie schon angedeutet, nur in erster Annäherung finden, und unter Umständen ist sie so beschaffen, dass sie ein virtuelles Bild ergiebt. Auch hierüber sind nähere Angaben an der citirten Stelle zu finden.

Eintheilung der Objektivtypen nach der Blendenstellung.

Die Wichtigkeit, die nach dem Vorhergehenden bei gegebenem Objektivtypus die Stellung der Blende für den Betrag der Verzeichnung hat, war der Grund, dass man ganz von selbst die verschiedenen Typen danach klassificirte. So sind die grossen Klassen der Einzelobjektive, Doublets und Triplets mit Rücksicht auf die Stellung der selbständigen Objektivtheile zur Blende gebildet, und als weitere Unterscheidungsmomente treten die Anzahl der freien Flächen, Symmetrie und Asymmetrie hinzu. Dabei sind allerdings auch noch Uebergänge zwischen den einzelnen Haupttypen vorhanden; so stehen die Einzelobjektive mit Mittelblende den Doublets schon nahe, während bei den unsymmetrischen Triplets eine Scheidung von den unsymmetrischen Doublets mit Mittelblende und einer unverkitteten Komponente manchmal schwierig durchzuführen ist.

Die fünf sphärischen Abbildungsfehler L. SEIDEL's und die Unmöglichkeit ihrer gänzlichen Hebung in einem photographischen Objektiv.

Im Vorhergehenden haben wir uns mit den sphärischen Aberrationen beschäftigt und dieselben in fünf Gruppen behandelt, die wir sphärische Aberrationen im engeren Sinne, Abweichungen von der Sinusbedingung, Astigmatismus (bez. Koma), Bildfeldkrümmung und Verzeichnung nannten. Diese Klassifikation ist alt: in vollständiger Ausdehnung ist sie J. PETZVAL 1843 bekannt gewesen, wurde in ihrer analytischen Begründung aber erst zwölf Jahre später durch L. SEIDEL veröffentlicht. Er zeigte darin, dass diese fünf Klassen sphärischer Fehler die einzigen sind, welche bei einem Objektiv kleiner Oeffnung — er berücksichtigte in der Reihenentwickelung noch die Glieder dritter Ordnung — auftreten können. Wir haben im Vorhergehenden an der Hand der durch trigonometrische Durchrechnung erhaltenen Resultate diese Aberration charakterisirt und besonders auf die Erscheinung der Zwischenfehler oder Zonen aufmerksam gemacht, welche auftritt, sobald man die Hebung der fünf Fehler für endliche Oeffnungs- oder Bildfeldwinkel durchführt.

Denken wir uns die fünf Aberrationen für einen bestimmten Objektabstand in idealer Weise gehoben, so dass also einem ebenen Objekt ein ebenes scharfes Bild entspricht, so zwar, dass alle von einem Objektpunkte ausgehenden Strahlen wirklich in einem Bildpunkte vereinigt werden. Dann ist es, wie man sieht, nicht mehr nöthig, den Hauptstrahl als das wichtigste Element des Büschels aufzufassen und die Abweichungen der anderen Strahlen von ihm zu diskutiren. Man kann vielmehr eben so gut irgend einen anderen Strahl als den wichtigsten auffassen, und man würde doch in diesem speciellen Falle immer zu dem gleichen Resultat kommen. Mit anderen Worten heisst das, ist ein System so korrigirt, dass einem ebenen Objekte bei endlicher Oeffnung ein vollständig scharfes Bild entspricht, so ist es für das Zustandekommen des Bildes gleichgiltig, welches Element des endlich geöffneten Büschels man als Hauptstrahl annimmt, d. h. wohin man die Mitte der Aperturblende verlegt. Dies ist das von L. SEIDEL betrachtete, ohne Rücksicht auf den Blendenort scharfe Bilder liefernde Objektiv, welches von einigen neueren englischen Optikern *Objektiv ohne Blendenkorrektion* genannt worden ist.

Nun ist es schon von L. SEIDEL betont worden, dass die Er-

füllung der Sinusbedingung mit der der HERSCHEL'schen Bedingung in Widerspruch steht. Ist ein Objektiv für eine bestimmte Objektentfernung aplanatisch, so verliert es diese Eigenschaft für näher oder ferner gelegene Objekte. Die Strahlenvereinigung in der Bildebene ist also nicht mehr punktmässig. Dann ist es aber auch nicht mehr gleichgiltig, welchen Strahl man als Träger des Büschels, als Hauptstrahl, ansieht, mit anderen Worten, für ein Objektiv mit mangelhafter Strahlenvereinigung ist die Lage der Blendenmitte von Wichtigkeit für die noch erreichbare Schärfe (namentlich seitlich der Axe). Die Blendenlage bestimmt aber auch unmittelbar den Charakter der Verzeichnung. Zusammenfassend müssen wir also sagen, dass die Konstruktion eines im allgemeinen, d. h. für jede Objektentfernung aberrationsfreien Objektivs eine Unmöglichkeit ist, da sphärische Aberrationen sich einstellen müssen; sicherlich geht ferner die Möglichkeit verloren, für beliebige Objektabstände die Blendenstellung beliebig zu variiren, ohne Schärfen- und Verzeichnungsfehler einzuführen — eine Möglichkeit, welche bei einer bestimmten Objektentfernung sehr wohl vorhanden sein kann.

2. Die chromatischen Aberrationen.

a. Die chromatischen Aberrationen der Axenstrahlen. Das sekundäre Spektrum.

Chromatische Aberration von einfachen Sammellinsen (Unterkorrektion).

Nehmen wir zunächst eine unendlich dünne Linse an, bei der Schnitt- und Brennweiten zusammenfallen, so wird dieselbe im Falle einer Sammellinse die Erscheinung zeigen, dass der axenparallel auffallende weisse Strahl aufgelöst erscheint in ein Büschel farbiger



Fig. 32.
Chromatische Aberration der Axenstrahlen im Sinne der Unterkorrektion.

Strahlen, die an ganz verschiedenen Punkten die Axe schneiden, so zwar, dass der Schnittpunkt F_r des rothen, als des Strahles grösster Wellenlänge am weitesten, der des violetten F_v als des Strahles kürzester Wellenlänge am nächsten der Linse sich befindet.

Man hat diese Anordnung, bei der der rothe Strahl am we-

nigsten, der violette Strahl am meisten von der ursprünglichen Bahn des weissen Lichtes abgelenkt werden, auch in der Weise beschrieben, dass man die Strahlen kürzerer Wellenlänge als die brechbareren bezeichnete. Die hier dargestellte Anordnung F_v links von F_r nannte man ***chromatische Aberration im Sinne einer Unterkorrektion*** oder kurz ***chromatische Unterkorrektion.***

Chromatische Aberration von einfachen Zerstreuungslinsen (Ueberkorrektion).

Wie im Vorhergehenden schon häufig bemerkt, ist die Wirkung einer Zerstreuungslinse der einer Sammellinse in der Regel entgegengesetzt, und auch im vorliegenden Falle schreitet bei einer dünnen Zerstreuungslinse die Reihe der farbigen (virtuellen) Brenn-

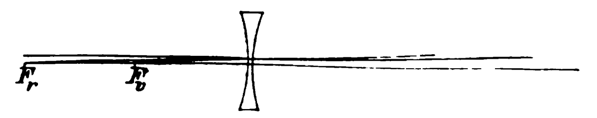


Fig. 33.
Chromatische Aberration der Axenstrahlen im Sinne der Ueberkorrektion.

punkte — wenn man von roth zu violett übergeht — nicht nach links, sondern nach rechts fort. Konsequenter Weise bezeichnet man diese Anordnung als ***chromatische Aberration im Sinne einer chromatischen Ueberkorrektion*** oder kurz als ***chromatische Ueberkorrektion.***

Chromatische Korrektion dünner Linsen; Durchbiegen.

Es lag nun die Idee sehr nahe, durch geeignete Verbindung von positiven und negativen Linsen eine Kombination zu finden, in der die Farbenzerstreuung gerade aufgehoben war, während doch eine sammelnde oder zerstreuende Linsenwirkung für das weisse Licht erhalten blieb. Das machte die Anwendung verschiedener Glasarten nothwendig, da positive und negative Linsen aus gleichem Glase und von gleicher Stärke zwar die chromatischen Fehler reducirt, aber gleichzeitig auch jede sammelnde oder zerstreuende Linsenwirkung aufgehoben hätten. Sollte das vermieden werden, so mussten zwei Glasarten zur Achromatisirung verwandt werden, in denen die Brechung zur Zerstreuung ein verschiedenes Verhalten aufwies. Solche Glasarten waren schon um die Mitte des vorigen Jahrhunderts von J. DOLLOND zur Konstruktion achromatischer Fernrohre benutzt worden, und zwar hatte man das weniger stark brechende und zerstreuende Glas des sammelnden Bestandtheiles als *Crown-Glas*, das stärker brechende und viel stärker zerstreuende Glas der Zerstreuungslinse als *Flint-Glas* bezeichnet.

Es sei bei dieser Gelegenheit bemerkt, dass unter der Voraussetzung dünner Linsen, die sich in einem nur geringen Abstande von einander befinden, die Achromasie einer aus einer Crown- und einer

Flintglaslinse bestehenden Kombination bestimmter Brennweite allein abhängt von den Brennweiten der Einzellinsen; die specielle Wahl eines Radius für jede der beiden Einzellinsen ist noch willkürlich. Führt man aus praktischen Rücksichten die Bedingung der Verkittbarkeit beider Linsen ein, so bleibt immer noch ein Radius verfügbar, und erst nach dessen Wahl ist die Form der verkitteten, achromatischen Kombination bestimmter Brennweite endgültig festgelegt. Giebt man diesem Radius nun andere und andere Werthe, so kann man, immer unter Festhaltung der obigen drei Eigenschaften, die Form ausfindig machen, welche für die Hebung anderer Aberrationen, beispielsweise der sphärischen, am günstigsten ist. Dieses Verfahren nennt man *Durchbiegen der Linsenkombination.*

Genaueres über die Achromasie auszusagen, wurde aber erst nach J. Fraunhofer's Verwerthung der dunkeln Linien des Spektrums möglich, da man erst durch seine Methode ein ganz exaktes Verfahren erhielt, die Brechungsexponenten für Licht ganz bestimmter Wellenlänge festzustellen. J. Fraunhofer benannte die dunkeln Linien des Sonnenspektrums mit den Buchstaben A, B, C, ..., und im Anschluss daran hat man sich gewöhnt, die zugehörigen Brechungsexponenten mit n_A, n_B, n_C, ... zu bezeichnen. Da die Linie D ungefähr an der hellsten Stelle des Spektrums liegt, und Licht von dieser Wellenlänge sehr bequem zu beschaffen ist, so benutzt man in der Regel n_D zur Charakterisirung der Brechungswirkung des Glases; es sei hier bemerkt, dass in den alten Crowngläsern der Brechungsexponent für D zwischen den Grenzen 1,50 und 1,53 variirte, während optisch brauchbare Flintgläser ein n_D von 1,56 bis etwa 1,63 aufwiesen.

Achromasie für zwei Farben, sekundäres Spektrum.

Die Herbeiführung der Achromasie wurde begonnen mit der Vereinigung zweier Farben, und da zeigte es sich denn, dass man mit einer Kombination aus zwei Glasarten im allgemeinen auch nur zwei Farben strenge an einem vorgeschriebenen Punkte vereinigen kann. Die Bedingung dafür ist die, dass der ν-Werth, d. h. das Verhältniss der Dispersion zwischen diesen beiden Farben und den Decimalen des mittleren Brechungsexponenten (wenn F und C-Strahlen vereinigt werden sollen, beispielsweise $\frac{n_D - 1}{n_F - n_C} = \nu$) nicht den gleichen Betrag für beide Gläser annehme. H. Schroeder (*4. 67*) bezeichnet drastisch die Vereinigung zweier Farben mit dem Ausdruck, das Spektrum sei so zusammengeklappt, dass zwei vorgeschriebene Farben zusammenfallen; das ist sehr anschaulich, insofern als dadurch die paarige Zuordnung von kurz- und lang-

welligen Strahlen unmittelbar ersichtlich wird. Alle Strahlen anderer Wellenlänge als die für die Achromatisirung ausgewählten haben eine andere Vereinigungsweite, zum Theil eine kleinere, zum Theil eine grössere. Diese Erscheinung, welche sich den verschiedenen, vorher behandelten sphärischen Zonen in aller Strenge vergleichen lässt, dass nämlich Strahlen beliebiger Wellenlänge nicht die gleiche Vereinigungsweite haben mit zwei ausgewählten, bezeichnet man mit dem Ausdruck *sekundäres Spektrum.*

Der Grund für diese Erscheinung ist der, dass der Gang der Dispersion in den beiden Glasarten, Crown und Flint, durchaus kein proportionaler ist, sondern dass vielmehr gegen das rote Ende hin die Dispersion des Crownglases überwiegt, während im blauen Theile des Spektrums die Dispersion des Flintglases proportional die stärkere ist. Der Grad der chromatischen Korrektion, d. h. die Grösse des sekundären Spektrums ist abhängig von der mehr oder minder grossen Proportionalität des Ganges der Dispersion in den beiden Glasarten. Um dies leichter übersehen zu können, sind die partiellen Dispersionen der beiden hier verwandten Glasarten alten Typus ausgedrückt als Theile der mittleren Dispersion von $n_F - n_C$, und in kleineren Zahlen unter die Dispersionswerthe selbst gesetzt.

Brechung und Dispersion zweier Silikatgläser.

n_D	C bis F	ν	A' bis C	C bis D	D bis Grün Hg	Grün Hg bis F	F bis G'	G' bis Viol. Hg
O. **1726.** Silikat-Crown:								
1.51787	0.00880	58.8	0.00302	0.00259	0.00218	0.00403	0.00501	0.00379
			0.343	0.294	0.248	0.458	0.569	0.431
O. **108.** Gewöhnliches Silikat-Flint:								
1.62164	0.01716	36.2	0.00546	0.00488	0.00421	0.00807	0.01045	0.00825
			0.318	0.284	0.245	0.470	0.609	0.481

Der genaueren Orientirung halber seien hier die Werthe der zu den benutzten FRAUNHOFER'schen Linien gehörigen Wellenlängen in $\mu\mu$ angegeben:

	A'	C	D	Grün Hg	F	G'	Viol. Hg
$\mu\mu$	767.7	656.3	589.3	546.1	486.2	434.1	405.1

Man ersieht aus der Vergleichung beider Zahlenreihen sofort, dass die obige Bemerkung für beide Gläser zutrifft.

Es bedarf keiner besonderen Begründung, dass die Bestimmung der zur Vereinigung ausgewählten Farben von Bedeutung sein wird

für die Vereinigung der anderen, d. h. für das sekundäre Spektrum. Man muss nun je nach dem Zweck, den man bei der Konstruktion eines optischen Instrumentes verfolgt, die beiden zu vereinigenden Wellenlängen verschieden wählen, denn für die bei subjektiver Beobachtung in Betracht kommenden physiologischen Wirkungen des Lichts auf die Netzhaut sind andere Strahlenarten massgebend als für die bei der Photographie wichtigen aktinischen Wirkungen.

Optische Achromasie.

Wenden wir uns zunächst zu den optisch wirksamsten Strahlen, so liegen dieselben zwischen den FRAUNHOFER'schen Linien C und F mit einem sehr deutlichen Helligkeitsmaximum zwischen D und E. Stellt man, um die hellen Strahlen eng bei einander zu haben, die Forderung, C und F zu vereinigen, so werden die Brennweiten der zwischen C und F gelegenen Farben kürzer, die der vor C und hinter F liegenden dagegen länger. Wir erhalten demnach eine derartige Anordnung der Punkte F_C, F_D .... auf der Axe, dass eine bestimmte Strecke derselben doppelt bedeckt wird. Um eine bequemere Vorstellung zu vermitteln, stellen wir die Abhängigkeit der Brennweiten von der Wellenlänge nach einem bekannten Schema dar, indem wir die Wellenlängen als Ordinaten auftragen

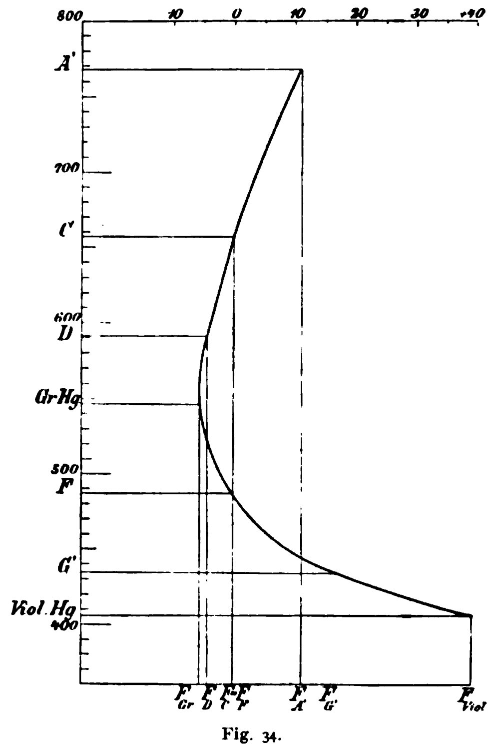


Fig. 34.

Sekundäres Spektrum der Kombination O. 1726, O. 108.
Optische Korrektion $f_C = f_F = 100$ mm.
Die Ordinaten ergeben die Wellenlängen in $\mu\mu$.
Die Abscissen ergeben $f_\lambda - f_C$ in hundertel Millimeter, abgetragen von $F_C = F_F$.

und als Abscissen die Differenzen der zugehörigen Brennweiten gegen $f_C = f_F$. Die parabelartige Kurve, welche durch stetige Verbindung der so erhaltenen Punkte ermittelt wird, giebt eine sehr anschauliche Darstellung des sekundären Spektrums. Je mehr

sich der Verlauf der Kurve einer Ordinate nähert, d. h. je flacher dieselbe ist, desto geringer ist das sekundäre Spektrum, je mehr aber die Richtung der Kurve sich der der Abscissenaxe nähert, um so stärker ist die Abweichung infolge der Dispersion bei nur kleinen Aenderungen in der Wellenlänge. Bei Betrachtung der vorliegenden Darstellung sieht man, dass die geringste Dispersion in der Nähe von F_D auftritt, denn dort verläuft die Kurve der Ordinatenaxe nahezu parallel. Es ist das ein sehr günstiger Umstand, da dort die hellsten Theile des Spektrums liegen, deren Strahlen also am besten nahe F_D vereinigt werden. Infolge dieser guten Vereinigung des hellen Theiles nennt man die Achromasie von C und F oder sehr nahe liegender Linien die *optische* und wendet sie bei den zu subjektivem Gebrauch bestimmten Instrumenten an.

Rein aktinische Achromasie.

Denkt man sich an Stelle der Netzhaut des Auges die lichtempfindliche Schicht einer photographischen Platte der Wirkung

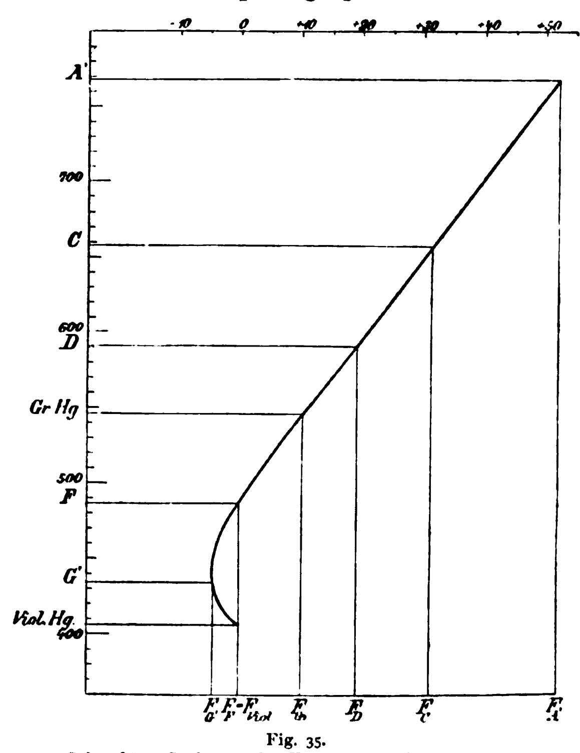


Fig. 35.
Sekundäres Spektrum der Kombination O. 1726, O. 108.
Rein aktinische Korrektion $f_F - f_{Viol. Hg.} = 100$ mm.
Die Ordinaten ergeben die Wellenlängen in $\mu\mu$.
Die Abscissen ergeben $f_\lambda - f_F$ in hundertel Millimeter, abgetragen von $F_F = F_{Viol.}$

des Lichtes ausgesetzt, so ist nicht mehr der helle Theil des Spektrums massgebend, sondern der violette, da dort die stärkste aktinische Wirkung auftritt. Die Vertheilung der chemischen Intensität über den kurzwelligen Theil des Spektrums ist nun abhängig von der Zusammensetzung der lichtempfindlichen Schicht, ist aber ungünstiger als die Lichtvertheilung im optisch wirksamen Theile des Spektrums, denn wir finden nicht ein gleich deutlich ausgeprägtes, auf einen ähnlich kleinen Spektralbezirk beschränktes Maximum. Die Intensitätskurve beispielsweise bei Bromsilbergelatine verläuft flacher als die Helligkeitskurve. Das Maximum der Wirkung liegt ungefähr in der Nähe von G′. Um das Minimum der Kurve des sekundären Spektrums ungefähr in diese Höhe zu bekommen, müssen wir von den hier gewählten Linien F und V_{Hg} vereinigen und erhalten so eine *rein aktinische* Farbenkorrektion, für die das übrig bleibende sekundäre Spektrum in gleicher Weise dargestellt ist wie vorher.

Man wendet so korrigirte Instrumente in der Astrophotographie an, weil hier verhältnissmässig lichtschwache Objekte aufgenommen werden sollen, und demnach die möglichst weitgehende Koncentration der aktinisch wirksamen Strahlen erforderlich ist: ferner aber auch weil nur eine Objektentfernung, nämlich die unendlich grosse, in Frage kommt, mithin die einmal ermittelte Einstellung der empfindlichen Schicht ein für allemal erhalten bleibt. Bei optischem Gebrauch eines solchen astrophotographischen Fernrohrs hat man ein sehr farbiges Bild, dessen Abweichungen den Charakter chromatischer Unterkorrektion zeigen, ein Umstand, der in diesem Falle aus den angeführten Gründen garnicht ins Gewicht fällt.

Photographische oder aktinische Achromasie. Siehe Fig. 36.

Ganz anders liegen diese Verhältnisse bei der gewöhnlichen Verwendung des photographischen Objektivs, wenn Gegenstände in verschiedener Entfernung aufgenommen werden sollen. Hier ist eine Einstellung nothwendig, die auf der Mattscheibe nach dem optischen Eindruck zu machen ist und für die photographische Aufnahme gültig sein muss. Diese Forderung kann nur dadurch erfüllt werden, dass man für die optisch und aktinisch wirksamsten Strahlen achromatisirt, oder in unserer Bezeichnungsweise D und G′ zusammenfallen lässt. Auch hierfür ist die Kurve des sekundären Spektrums gegeben, und man sieht aus derselben sofort, dass von der günstigsten Stelle der chromatischen Korrektion, die etwa bei F_F liegt, gar kein Gebrauch gemacht wird, sondern dass sowohl für das optische als für das aktinische Bild eine sehr beträchtliche Dispersion bestehen bleibt.

Diese eigentlich *photographische* Korrektion nennt man unberechtigter Weise *aktinisch*; da aber für die photographischen Objektive in ihrer gewöhnlichen Benutzung von einer eigentlichen aktinischen Korrektion doch keine Rede sein kann, so wollen wir uns im folgenden dem Sprachgebrauch anschliessen und unter chromatischer oder aktinischer Korrektion eines photographischen Objektivs denjenigen Zustand verstehen, in dem das wirksamste optische und das wirksamste aktinische Bild zusammenfallen. Dabei sind wir uns aber wohl bewusst, dass diese Korrektion weder nach der einen noch nach der anderen Seite eine ideale ist, sondern dass sie vielmehr angesehen werden muss als ein unvermeidlicher Kompromiss.

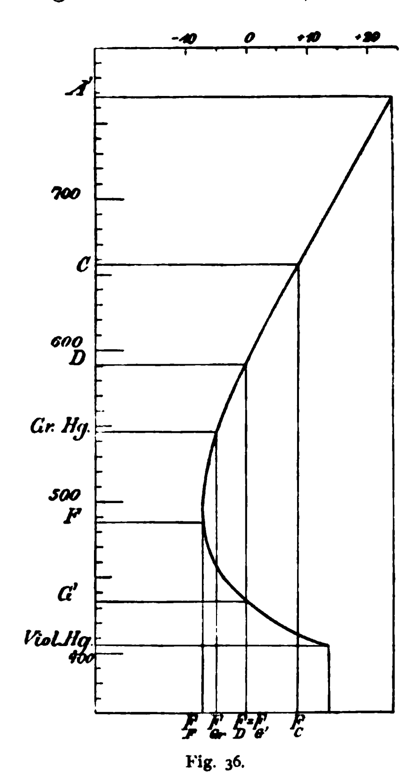


Fig. 36.
Sekundäres Spektrum der Kombination O. 1726, O. 108. Photographische (aktinische) Korrektion
$f_D = f_{G'} = 100$ mm.
Die Ordinaten ergeben die Wellenlängen in $\mu\mu$.
Die Abscissen ergeben $f_\lambda - f_D$ in hundertel Millimeter, abgetragen von $F_D = F_{G'}$.
Rechts von F_C ist zunächst F_{Viol} und dann $F_{A'}$ zu denken.

Als ν-Werth für diese photographische Achromasie werden wir im folgenden stets gebrauchen

$$\bar{\nu} = \frac{n_D - 1}{n_{G'} - n_D}.$$

b. Chromatische Korrektion unter Berücksichtigung der Dicken.

Achromasie der Brenn- und Schnittweiten (stabile Achromasie).

Bei der ganzen Ableitung ist bisher nur von der Brennweite unendlich dünner Linsen die Rede gewesen. In der Praxis sind solche Linsen natürlich nicht ausführbar, man muss ihnen eine bestimmte Dicke geben, was u. a. zur Folge hat, dass die von der letzten Fläche ab gemessene Vereinigungsweite von der Aequivalentbrennweite abweicht. Es genügt nun nicht mehr, zwei Strahlen

bestimmter Wellenlänge in einem bestimmten Brennpunkt zu vereinigen, d. h. ihre Schnittweiten gleich zu machen, sondern man muss auch die beiden farbigen Aequivalentbrennweiten auf den gleichen Betrag bringen. Ist dies geschehen, und sind vordere und hintere Schnittweite gleich, so sind die Kardinalpunkte für die ausgewählten Farben identisch, die beiden farbigen Bilder sind gleich gross und fallen für jede Objektentfernung zusammen, soweit die GAUSS'schen Kardinalpunkte für die von dem System gelieferten Bilder massgebend sind, d. h. in erster Annäherung. Eine Reihe von Autoren hat ein solches System, dessen chromatischer Korrektionszustand unabhängig ist von der Objektentfernung, in erster Annäherung wenigstens, *stabil achromatisch* genannt. Betrachtet man Winkelräume von grosser Ausdehnung und untersucht die Lage der astigmatischen Bildflächen, so findet man auch in stabil achromatischen Systemen Abweichungen in den beiden farbigen Bildern, die sich mit dem Abstande ändern können; doch wollen wir diese Abweichungen hier unberücksichtigt lassen, da sie sich in der Praxis nicht zu störend bemerkbar machen.

Chromatische Differenz der sphärischen Aberrationen.

Eine Erweiterung aber erfährt das Studium der chromatischen Abweichungen über die erste Annäherung hinaus, und das ist der Fall bei der *chromatischen Differenz der sphärischen Aberrationen.* Dieselben wurden von E. ABBE an Mikroskopobjektiven genauer untersucht, und in der That sind sie dort bei der grossen Oeffnung jener Instrumente von besonderer Bedeutung. Es zeigte sich, dass in der Regel die sphärische Korrektion nur für eine bestimmte Wellenlänge durchgeführt werden kann, während für grössere Wellenlängen gewöhnlich Unter-, für kleinere gewöhnlich Ueberkorrektion herrscht. Nimmt man diese Aenderungen im sphärischen Korrektionszustande zusammen mit den chromatischen Abweichungen der Schnittweiten (dem sekundären Spektrum der Schnittweiten), so kann man sich vorstellen, dass man infolge der chromatischen Differenz der sphärischen Aberrationen in der Regel überhaupt nur für einen begrenzten Spektralbezirk von einer Strahlenvereinigung bei bestimmter Oeffnung sprechen kann.

Auch bei photographischen Objektiven grosser Oeffnung kann die chromatische Differenz der sphärischen Aberrationen von Wichtigkeit sein; für den Dreifarbendruck beispielsweise könnte beim Vorhandensein derselben kein Objektiv gleichzeitig für roth, gelb, blau für die gleiche Oeffnung sphärisch korrigirt sein. Um nun die etwas komplicirten Verhältnisse der Vorstellung näher zu bringen, sind dieselben graphisch dargestellt worden. Dabei wurde nach der

Isoplethenmethode verfahren, welche es erlaubt, die Abhängigkeit einer Grösse von zwei unabhängigen Variabeln darzustellen. Auf der Abscissenaxe wurden die Wellenlängen in $\mu\mu$, auf der Ordinatenaxe die Einfallshöhen aufgetragen. Dann bestimmt ein jeder Punkt der Fläche die Einfallshöhe h und die Farbe λ eines parallel auffallenden Strahls. Man suchte nun die zugehörige Schnittweite $s_{\lambda, h}$ auf und bildete für ein Objektiv von $f_{D, O} = 100$ mm die Differenz $d_{\lambda, h} = s_{\lambda, h} - s_{D, O}$; alsdann konnte man diese Differenz, ausgedrückt in tausendstel Millimetern als Einheiten, dem gewählten Punkte beischreiben. Auf Grund vorher gezeichneter Kurven der sphärischen Aberration der verschiedenen Farben und des sekundären Spektrums der zu verschiedenen Einfallshöhen gehörigen Schnittweiten wurden nun Beträge von $d_{\lambda, h}$ bestimmter Grösse ermittelt und an den entsprechenden Stellen eingetragen. Die Isoplethenkurven wurden allgemein äquidistant mit je 50 Einheiten Differenz ausgezogen.

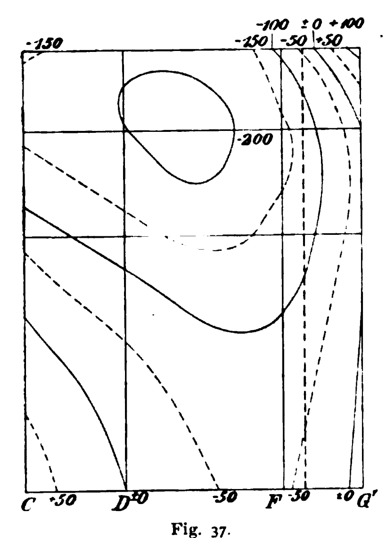


Fig. 37.
Darstellung der chromatischen Differenz der sphärischen Aberrationen für J. PETZVAL's Portrait-Objektiv 1 : 3.4, $f_D = 100$ mm.
Die Abscissen ergeben die Wellenlängen, gekennzeichnet durch die FRAUNHOFER'schen Linien C, D, F, G'.
Die Ordinaten sind die vierfach vergrösserten Einfallshöhen.
Isoplethen-Darstellung für die Schnittweitendifferenzen gegen F_D in tausendstel Millimeter von 0.050 zu 0.050 mm fortschreitend.

Das erste Beispiel liefert das PETZVAL'sche Portraitobjektiv. Wir erhalten daraus zunächst Aufschluss über die absolute Grösse der sphärischen Aberrationen, die hier zwischen — 0.200 und + 0.100 mm schwankt, ausserdem aber auch über ihre Vertheilung. Wir erkennen, dass dieses Objektiv für den hellen Theil des Spektrums korrigirt ist, da die sphärischen Aberrationen am besten für diesen Bezirk und für die Einfallshöhe von etwa 12,5 mm und die Nachbarschaft gehoben sind. Dort sind die Isoplethen am weitesten von einander entfernt, d. h. es lassen sich Aenderungen in vertikaler Richtung (in der Einfallshöhe) und in horizontaler (in der Wellenlänge) von beträchtlicher Grösse vornehmen, ohne dass man zwei Isoplethen (einen Betrag der sphärischen Aberrationen von bestimmter Grösse, hier 0,05 mm) überschreitet. Gegen das violette Ende des Spektrums hin, häufen

sich die Kurven, d. h. die sphärische und die chromatische Korrektion wird schlechter. Der Korrektionszustand nach diesen beiden Richtungen ist in der Nähe der beiden Linien am besten, welche die Minima der Kurven der sphärischen Aberrationen für die verschiedenen Farben einerseits, und die Minima der Kurven des sekundären Spektrums für die verschiedenen Einfallshöhen anderseits verbinden. Diese beiden Linien schneiden sich etwa bei h = 12,5 mm und $\lambda = 540\ \mu\mu$, und dort ist für das Petzvalobjektiv die Strahlenvereinigung sowohl sphärisch als chromatisch am besten. Gehen wir noch zum Schluss auf die chromatische Differenz der sphärischen Aberrationen ein, so wird dieselbe am deutlichsten, wenn wir die Abweichungen der mittleren und Randstrahlen in dem betrachteten Spektralbezirk uns vergegenwärtigen. Während die Abweichungen für h = 0 bei C etwa + 0,08 mm betragen, bei $\lambda = 490\ \mu\mu$ ungefähr durch das Minimum von — 0,056 hindurch gehen, um bei G′ wieder + 0,016 mm zu werden, sind die entsprechenden Werthe für den Rand bei C — 0,144 mm, bei $\lambda = 540\ \mu\mu$ das Minimum — 0,188 mm und bei G′ + 0,141 mm. Sphärisch korrigirt in unserem Sinne ist das Objektiv nur für Strahlen von der Wellenlänge $\lambda = 472\ \mu\mu$, für Strahlen grösserer Wellenlänge ist es in immer wachsenden Beträgen unter-, für Strahlen kleinerer Wellenlänge in ebenfalls wachsenden Beträgen überkorrigirt.

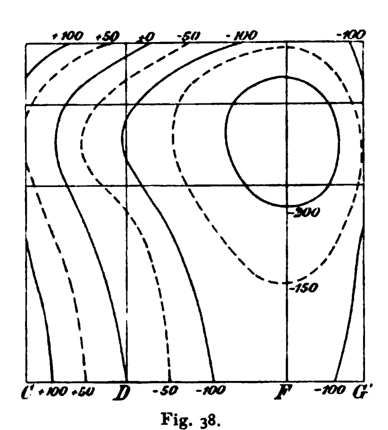


Fig. 38.
Darstellung der chromatischen Differenz der sphärischen Aberrationen für P. RUDOLPH's Planar 1 : 4 . 5, f_D = 100 mm.
Die Abscissen ergeben die Wellenlängen, gekennzeichnet durch die FRAUNHOFER'schen Linien C, D, F, G′.
Die Ordinaten sind die vierfach vergrösserten Einfallshöhen.
Isoplethen-Darstellung für die Schnittweitendifferenzen gegen F_D in tausendstel Millimeter von 0.050 zu 0.050 mm fortschreitend.

Einen abweichenden Eindruck macht die Betrachtung einer ähnlichen Darstellung des Korrektionszustandes für ein Planar der Oeffnung 1 : 4,5. Die Abweichungen dieses Objektivs besitzen in dem ganzen betrachteten Spektralbezirk ziemlich die gleiche Grösse wie die im vorigen Falle nämlich — 0,200 und + 0,150 mm, doch ist ihre Vertheilung eine ganz andere. Chromatisch finden wir die photographische Korrektion, die Vereinigung des wirksamsten optischen Bildes (Strahlenbezirk um D) mit dem wirksamsten aktinischen

(Strahlenbezirk hinter G′). Noch stärker weicht dagegen der Zustand der sphärischen Korrektion ab. Die Entfernung der einzelnen Isoplethen in vertikaler Richtung ist sehr beträchtlich, und nur in den grösseren Höhen schneiden die Isoplethen die Ordinaten unter etwas beträchtlicheren Winkeln, die sphärische Korrektion ist also für den grössten Theil des Objektivs eine recht gute. Die Häufung der Kurven tritt hier erst im rothen Gebiet für grosse Einfallshöhen ein, was dem Zweck eines photographischen Objektivs entschieden nicht zuwiderläuft. Die beste Strahlenvereinigung sowohl in chromatischer als in sphärischer Hinsicht findet für h = 8,2 mm und für F statt. Sehr bemerkenswerth ist die Vollständigkeit der Hebung der chromatischen Differenz der sphärischen Aberrationen. Am Rande sowohl wie in der Mitte begegnen wir den gleichen Abweichungen nicht nur was das Zeichen, sondern auch was den Betrag angeht. Man könnte also bei diesem Planar ein beliebiges Filter — dasselbe müsste nur ein genügend enges Strahlengebiet durchlassen — vorschalten, das Objektiv würde, wie beschaffen das durchgelassene monochromatische Licht auch sei, stets eine gleich vollendete sphärische Korrektion zeigen.

D. Anhang.

a. Theorie der Umkehrapparate.

Alle gebräuchlichen photographischen Objektive führen die Abbildung durch Brechung des Lichtes herbei; es sind nicht selten, selbst noch in neuerer Zeit Versuche gemacht worden, auch die Spiegelung für das Zustandekommen photographischer Abbildung zu verwerthen, doch anscheinend ganz ohne Erfolg.

Eine Ausnahme bilden die beiden Ausführungsformen eines Instruments der Reproduktionsphotographie, der *Umkehrspiegel* und das *Umkehrprisma*. Einige Druckverfahren liefern nämlich, wenn ein gewöhnliches photographisches Negativ zu Grunde gelegt wird, ein Bild, in welchem rechts und links vertauscht ist. Um diesen Missstand zu heben, kann man ein Negativ herstellen, welches das Spiegelbild eines auf gewöhnlichem Wege erhaltenen ist. Alsdann wird man mit dem Druckverfahren ein richtiges Bild erzielen können.

Diese Spiegelverkehrung kann auf eine sehr einfache Weise, nämlich durch Einschaltung einer planen spiegelnden Fläche in den Strahlengang erzielt werden. Zunächst sei der einfachere Fall betrachtet.

a. Der ebene Metallspiegel in seiner Anwendung zur Bildumkehrung.

Ausrichtung des Spiegels.

Wir nehmen zunächst an, es handele sich um ein unendlich eng abgeblendetes Objektiv, dessen E.-P. wir im folgenden stets als aberrationsfrei annehmen wollen. Um die beste Ausnutzung des Spiegels zu erhalten, wird derselbe unter 45° Neigung gegen die Axe des Objektivs aufgestellt. Für lothrechte Objektebenen, und

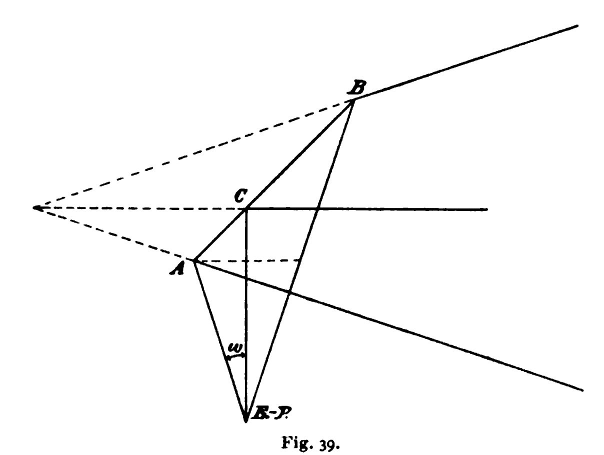


Fig. 39.
Bildumkehrung durch den ebenen Spiegel AB.
Die elliptische Fassung AB schneidet aus dem Hauptstrahlenkegel in E.-P. einen graden Kreiskegel mit dem Oeffnungswinkel 2ω heraus. Die Hauptaxe schneidet den Spiegel nicht in der Mitte, sondern in dem seitlich gelegenen Punkt C.

solche werden in der überwiegenden Zahl der Fälle in der Praxis vorkommen, muss ausserdem die Spiegelebene ebenfalls lothrecht sein, weil man sonst das Bild nicht senkrecht zur optischen Axe des Instruments erhalten würde. Treffen diese beiden Annahmen zu, so bezeichnet man den Spiegel als *ausgerichtet* gegen Objekt und Objektiv. Im folgenden werden wir stets Prisma sowohl als Spiegel ausgerichtet annehmen.

Die Spiegelfassung als Gesichtsfeldblende.

Man sieht alsdann sofort, dass die Fassung des Spiegels für den von der E.-P. ausgehenden Kegel der Hauptstrahlen als Gesichtsfeldblende wirkt. Da man nun, wie leicht verständlich, das Objektiv

für einen möglichst symmetrischen Strahlengang benutzen und ausserdem keinen unnöthig grossen Spiegel verwenden will, so ergiebt sich als günstigste Begrenzung des Spiegels eine Ellipse, die als Schnitt der unter 45^0 geneigten Ebene mit einem graden Kreiskegel entsteht, der seine Spitze in der E.-P. hat. Die Winkelöffnung des Kegels der Hauptstrahlen lässt sich nicht ein für allemal bestimmen, sie hängt von der Fassung des Objektivs, der Gleichmässigkeit der durch dasselbe vermittelten Bildfeldbeleuchtung und von dem Reflexionskoefficienten des Spiegelmetalls ab.

Gehen wir nun zur Betrachtung endlich geöffneter Büschel über, so ändert sich infolge der Spiegelung an dem Korrektionszustande des Objektivs garnichts; es wird nur die Helligkeitsabnahme nach dem Rand zu in dem Sinne modificirt, in dem eine Gesichtsfeldblende überhaupt wirkt, es tritt nämlich gegen den Rand des Gesichtsfeldes bei endlichen Büscheln eine Helligkeitsabnahme ein. Man kann infolgedessen nur ein etwas kleineres Bildfeld ausnutzen, wenn man keine Vergrösserung der Spiegeldimensionen eintreten lassen will.

So geringe Nachtheile nun auch theoretisch die Verwendung eines Umkehrspiegels nach sich zieht, so ist es doch bis jetzt noch nicht gelungen, ein Metall ausfindig zu machen, welches alle Strahlen gleichmässig gut reflektirt, nicht zu hoch im Preise steht und auch gegen Oxydation genügend unempfindlich ist. Rein praktische Schwierigkeiten verhindern also bis jetzt die Benutzung eines recht vollkommenen Instruments.

β. Das Umkehrprisma.

Versilberung der Hypotenusenfläche.

Wenden wir uns nun der zweiten Ausführungsform des Instruments zur Bildumkehrung zu, das in der Praxis an die Stelle des Spiegels getreten ist, so verdankt das Umkehrprisma dem Bestreben seine Entstehung, an Stelle der verletzbaren Metallschicht die totalreflektirende Hypotenusenfläche eines rechtwinklig-gleichschenkligen Glasprismas zu setzen. Sehr bald schon gab man die Verwendung der Totalreflexion auf, weil in der Praxis auch so kleine Incidenzwinkel im Innern des Prismas auftreten, dass die totale Reflexion nicht mehr erfolgt. Man versilberte alsdann die Rückseite der Hypotenusenfläche und erhielt nun in der That eine Reflexion für beliebige Neigungen, freilich unter Aufgabe des Vortheils der Totalreflexion.

Die einmalige Spiegelung der Hauptstrahlen.

Betrachten wir nun die bei der Benutzung des Umkehrprismas in Frage kommenden Vorgänge näher, so kann man sich nach den

Gesetzen der Spiegelung das Prisma durch eine Glasplatte ersetzt denken, deren Dicke der Länge der Kathetenfläche gleich ist. Hinsichtlich des Endeffekts kommt es dann auf dasselbe heraus, ob wir dieselben an der Hypotenusenfläche reflektirt werden lassen, oder sie durch den vorausgesetzten Glasblock verfolgen und die ganze jenseits der Hypotenuse gelegene Zeichenebene um diese Grade als Axe um 180⁰ drehen.

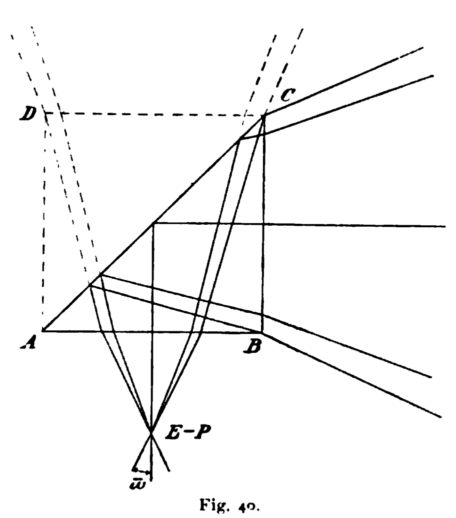


Fig. 40.
Regulärer Strahlengang mit einmaliger Reflexion in einem Crownglasprisma; $\omega \leq \tilde{\omega}$. Der Verlauf der Strahlen in den hypothetischen Theilen des Glasblocks ist gestrichelt gezeichnet.

Die Wirkung, die die Unterfläche AB auf das Hauptstrahlenbüschel ausübt, ist die, dass sich sphärische Aberrationen einstellen, und dass die Strahlenneigung verringert wird. Es kommt nur darauf an, denjenigen Neigungswinkel $\tilde{\omega}$ festzustellen, dessen Glasweg gerade auf C führt, dann geht der zu dem Neigungswinkel $\tilde{\omega}$ auf der anderen Seite der Axe gehörige Strahl gerade durch D. Dieser Winkel $\tilde{\omega}$ hängt von dem Verhältniss ab, in dem die Kathete b und der Abstand zwischen der E.-P. und der zugewandten Kathetenfläche zu einander stehen. Giebt man dieser Entfernung den Werth 1, so muss die Kathete b die folgenden Werthe erhalten, wenn die nebenstehend aufgeführten Winkel $\tilde{\omega}$ erreicht werden sollen.

Abhängigkeit des nutzbaren Winkels $\tilde{\omega}$ von den Prismendimensionen bei einem Crownglasprisma n = 1.52.

Länge der Kathete in Theilen des Abstandes der E.-P. vom Prisma	$\tilde{\omega}$	Länge der Kathete in Theilen des Abstandes der E.-P. vom Prisma	$\tilde{\omega}$
0.19768	5⁰	1.00570	19⁰
0.29265	7	1.22657	19
0.39942	9	1.49138	21
0.52046	11	1.81396	23
0.65893	13	2.21474	25
0.81890	15	∞	42⁰ 50′

Mit dem Material des Prismas variiren diese Zahlen sehr wenig. Der äusserste Strahl der — bei unendlich grossen Dimensionen des Prismas — überhaupt noch die Hypotenusenfläche treffen kann, hat innerhalb des Prismas die Incidenz $i = 26^0\,33{,}91'$ ($\operatorname{tg} i' = {}^1/_2$) mithin entspricht ihm ein Winkel $\tilde{\omega}_{max}$ so, dass $\sin \tilde{\omega}_{max} = n \sin 26^0\,33{,}91'$. Alle endlichen Prismen haben kleinere Winkel $\tilde{\omega}$.

Die doppelte Spiegelung der Hauptstrahlen.

Strahlen grösserer Neigung passiren garnicht mehr den Glasblock in der gewünschten Weise, sie erleiden noch eine weitere Reflexion an den Kathetenflächen. Man sieht sofort, dass beim Uebergang zwischen den beiden Reflexionsarten, der einfachen und

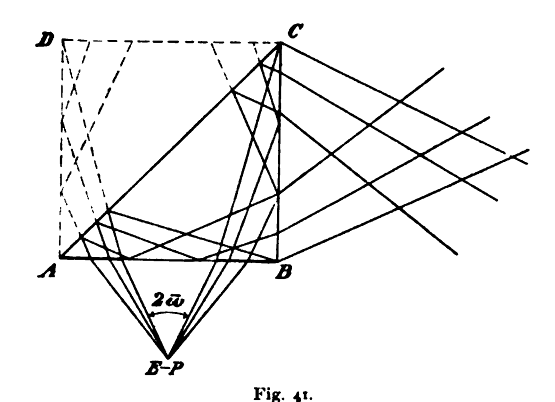


Fig. 41.
Strahlengang mit doppelter Reflexion in einem Crownglasprisma; $\omega \geqq \tilde{\omega}$. Der Verlauf der Strahlen in den hypothetischen Theilen des Glasblocks ist gestrichelt gezeichnet. An der Fläche AB ist die Abblendung des Prismas bis zu den $\tilde{\omega}$-Strahlen durch dickere Striche gekennzeichnet.

der doppelten, eine Unstetigkeit eintreten muss. Verfolgt man den Strahlengang genauer, so ergiebt sich eine im folgenden beschriebene Zuordnung der sich in E.-P. kreuzenden Strahlen auf beiden Seiten des Prismas, die wir als die *freie* und die *Blendenseite* bezeichnen wollen.

Entfernt man sich von der die E.-P. passirenden Axe in der Richtung des Uhrzeigers, so wandert auf der freien Seite der Strahl in entgegengesetzter Richtung, bis mit $\omega = \tilde{\omega}$ der äusserste Werth der einfachen Spiegelung erreicht ist. Gleichzeitig macht der freie Strahl einen endlichen Sprung in entgegengesetzter Richtung, und wandert, lässt man ω noch weiter wachsen, mit dem Uhrzeiger wieder zurück. Einem weiten monocentrischen Strahlenbüschel auf der Blendenseite entsprechen drei Strahlenkörper auf der freien Seite, von denen der eine durch einfache, die anderen durch doppelte

Spiegelungen zu stande kommen. Sie bedecken sich im freien Raum zum Theil und stören sich gegenseitig. Man kann durch Abblendung der blendennahen Kathetenfläche bis zur Zone der $\bar{\omega}$-Strahlen die beiden doppelten Strahlenkörper zum Verschwinden bringen, und dann ist es gleichgiltig, ob das Prisma vor oder hinter der Blende Platz findet. Die sphärischen Aberrationen des Hauptstrahlenbüschels, welche infolge der doppelten Brechung an den beiden Kathetenflächen auftraten, schaden bei den kleinen Neigungswinkeln, die bei Reproduktionsaufnahmen schon durch den Helligkeitsabfall nach dem Rande bedingt sind, nicht.

Man sieht, dass auch beim Umkehrprisma die Fassung als Gesichtsfeldblende wirkt, und dass man also bei Verwendung eines Objektivs mit endlicher Oeffnung mit verstärktem Helligkeitsabfall nach dem Rande zu zu rechnen haben wird.

Doppelte Spiegelung in endlich geöffneten Büscheln.

Was die Benutzung endlich geöffneter Büschel bei Prismenaufnahmen angeht, so ist zu bemerken, dass hier ebenfalls zur Vermeidung von Nebenbildern eine Abblendung der blendennahen

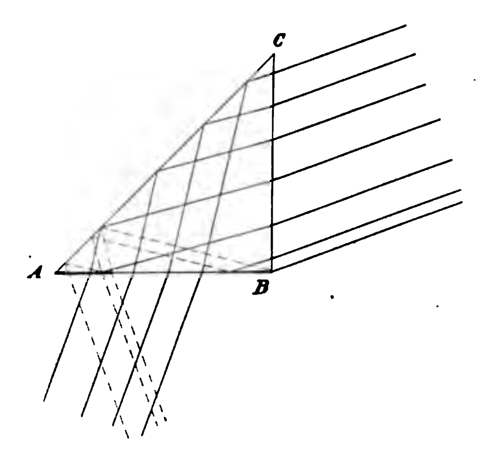


Fig. 42.

Durchgang eines parallelen Strahlenbündels endlicher Oeffnung durch das Prisma unter schiefer Incidenz nach A. STEINHEIL.
Die Abblendung der zweimal reflektirten Strahlen erfolgt bei A. Die Blendung bei B erfolgt aus Gründen der Symmetrie zur Abhaltung der entsprechenden Strahlen eines parallelstrahligen Büschels der entgegengesetzten Incidenz.

Kathetenfläche eintreten muss. Die nebenstehende Figur wird nach dem Vorhergehenden zum Verständniss genügen. Sie ist nach dem Vorgange von A. STEINHEIL gezeichnet, der als erster auf die Nebenbilder bei endlich geöffneten Büscheln aufmerksam gemacht hat.

Prismenaberration.

Wird das Prisma nicht von parallelen Bündeln, sondern von konvergenten oder divergenten Büscheln durchsetzt, so treten noch sphärische Aberrationen ganz wie beim Hauptstrahlenbüschel ein. Diese sphärischen Aberrationen endlich geöffneter Büschel haben in der Litteratur mehrfach Beachtung gefunden und sind unter dem Namen der *Prismenaberration* beschrieben. Ihr Betrag ist kein sehr beträchtlicher, da in der Regel ziemlich stark abgeblendete Objektive in Verbindung mit den Prismen benutzt werden, um die Grösse und den Preis der Prismen nicht sehr erheblich anwachsen zu lassen.

b. Besondere, für die photographischen Objektive wichtige Verhältnisse.

α. Die katadioptrischen Störungserscheinungen.

In den vorhergehenden Abschnitten war das photographische Objektiv lediglich hinsichtlich seiner rein dioptrischen Wirkung betrachtet worden; man kann sich aber mit der Behandlung dieser Funktion allein nicht begnügen, weil gewisse in der Praxis sehr störende Erscheinungen, wie *Lichtflecke* und *Nebenbilder*, daraus allein noch nicht erklärt werden können. Aehnliches ist uns bis jetzt nur bei den Umkehrprismen entgegen getreten.

Beschränkung auf Störungen durch doppelte Reflexion.

Es gelangt an den brechenden Flächen eines photographischen Objektivs eben nicht alles Licht aus einem Medium in das andere, sondern ein gewisser Theil wird nach der Lichtquelle zu zurück-

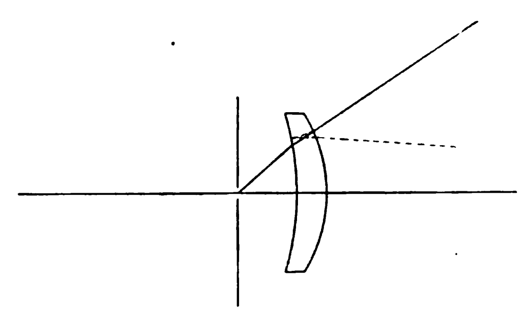


Fig. 43.
Gebrochener — und ausserdem doppelt reflektirter — — — Hauptstrahl in einem hinter der Blende stehenden Crown-Meniskus.

geworfen. Geschieht das an einer auf die erste folgenden Fläche, so gelangt das reflektirte Licht an eine vorhergehende Fläche und wird dort zum zweiten Male zu einem Theile, nunmehr aber in der

Richtung auf das Bild reflektirt wie es in der Figur dargestellt ist. Dort, am Orte des Bildes, kann es störend wirken, und in der That ist auf solches mehrfach zurückgeworfene Licht die Entstehung jener Erscheinungen zurückzuführen, die oben als Lichtflecke und Nebenbilder erwähnt wurden.

Von vornherein ist es verständlich, dass eine schädliche Wirkung nur ausgeübt wird durch das eine gerade Anzahl von Malen gespiegelte Licht, da sich dasselbe in der Richtung auf das Bild bewegt. Es wird auch genügen, sich auf die durch eine zweimalige Reflexion entstehenden Nebenbilder erster Ordnung zu beschränken, da die Nebenbilder ν^{ter} Ordnung, welche durch 2νfache Reflexion — wobei $2\nu > 2$ ist — zustande kommen, sicher zu lichtschwach sind, um unter gewöhnlichen Umständen von der lichtempfindlichen Schicht zugleich mit dem Hauptbilde aufgenommen zu werden. Die die Nebenbilder liefernden Systeme, welche also durch Hinzunahme der beiden Reflexionen zu den Brechungen des ursprünglichen oder Hauptsystems entstehen, wollen wir als *katadioptrische* oder als *Nebensysteme* bezeichnen, und wir betrachten nach dem Vorhergehenden stillschweigend nur Nebenbilder erster Ordnung. In gleicher Weise wird es gestattet sein, bei der Zahl der spiegelnden Flächen die trennenden Kittflächen zu vernachlässigen, da bei der geringen Brechungsexponentendifferenz der für photographische Zwecke verwandten Gläser und Kitte die Intensität des an diesen Flächen reflektirten Lichtes eine ausserordentlich geringe ist.

Anzahl der Nebenbilder erster Ordnung.

Was nun die Zahl der Nebenbilder erster Ordnung angeht, so ist dieselbe nach den Elementen der Variationsrechnung $\frac{2\nu(2\nu-1)}{1.2}$, wo ν die Anzahl der beiderseits von Luft begrenzten Linsensysteme ist. Es zeigen sich demnach bei der einfachen Landschaftslinse $\frac{2.1}{1.2} = 1$; beim Doppelobjektiv $\frac{4.3}{1.2} = 6$, bei den PETZVAL'schen Objektiven $\frac{6.5}{1.2} = 15$ und bei Objektiven aus vier einzelstehenden Linsen $\frac{8.7}{1.2} = 28$ Nebenbilder, eine Schnelligkeit des Anwachsens, welches der weiteren Vermehrung an Luft grenzender Flächen rasch eine Grenze setzt. Das von den Nebensystemen über die Platte zerstreute Licht muss dazu beitragen, die Licht und Schattenkontraste daselbst abzuschwächen, oder, wie der Fachausdruck lautet, die *Brillanz* des Bildes zu vermindern. Man wird das meistens als einen Missstand bezeichnen, wenngleich Fälle z. B. bei Portraitaufnahmen

denkbar sind, wo die Kontrastverminderung günstig wirkt. Am störendsten wirkt das Nebenbild einer hellen Lichtquelle, wenn es auf einen Theil der Platte fällt, der hinsichtlich des Hauptsystems einer Schattenpartie entspricht.

Die Entstehung der Nebenbilder leuchtender Punkte bei Objektiven endlicher Oeffnung.

Gehen wir näher auf die Entstehung dieser Bilder ein, so nehmen wir zunächst an, dass die Blende eine ganz enge sei. In diesem Falle werden sich die doppelten Reflexionen im allgemeinen nur vor oder hinter der Blende abspielen; wir bemerken hinsichtlich der auf die Einzelwirkung der durch die Blende getrennten Glieder zurückzuführenden Reflexionen, dass dadurch die Richtung der in der Blendenmitte die Axe kreuzenden Hauptstrahlen entweder nach der Objekt- oder nach der Bildseite geändert wird. Das heisst mit anderen Worten, dass von den Nebensystemen entweder die betrachteten Objektpunkte an anderen Stellen der Platte abgebildet werden als von dem Hauptsystem, oder aber dass dem für das Hauptsystem geltenden Bildorte sich Bilder anderer hinsichtlich der Nebensysteme konjugirter Objektpunkte überlagern.

Geben wir nun dem Systeme eine endliche Oeffnung, so vermehren sich, wie beiläufig bemerkt sei, die Nebenbilder um die Zahl der vorher ausgeschlossenen; suchen wir auf den oben beschriebenen Hauptstrahlen der Nebensysteme das Bild des Objektpunktes auf, so haben wir zu bedenken, dass die schiefen Büschel des Nebensystems endlicher Oeffnung in der Regel einer Deformation durch Astigmatismus und Koma unterliegen werden; es genügt für unseren Zweck, die engste Einschnürung des Strahlenkörpers als Bildort zu bezeichnen, der in erster Annäherung mit Hilfe der einfachen Rechenregeln des ersten Theils gefunden werden kann, wenn die Lage des Brennpunkts auf der Hauptaxe und die Brennweite des Nebensystems bekannt ist. Bringt man nun die Mattscheibe an diesen Ort, so wird sich dort das Bild einer als Objekt dienenden punktförmigen Lichtquelle am deutlichsten zeigen, und es wird um so heller sein, je steiler die Elemente des endlich geöffneten Strahlenkegels gegen einander geneigt sind und je besser die Strahlenvereinigung ist. Verschiebt man die Mattscheibe, so schneidet man den von der A.-P. des Nebensystems ausgehenden Strahlenkörper vor oder hinter der engsten Einschnürung durch eine zur A.-P. annähernd parallele Ebene. Man sieht alsdann als Repräsentanten des Bildpunktes eine Zerstreuungsfigur, die der A.-P. des Nebensystems um so ähnlicher ausfällt, je besser die Strahlen am Bildorte vereinigt werden. Die Helligkeit dieser Zerstreuungsfigur hängt von einer Reihe von Umständen ab; sie ist um so

grösser, einmal je grösser die relative Oeffnung des erzeugenden Nebensystems ist, und ferner je näher am Bildorte die Mattscheibe sich befindet. Im allgemeinen sind die Helligkeiten dieser Zerstreuungsfiguren gegen die Intensität des Hauptbildes gehalten nicht sehr gross, sondern werden bei einigermassen grossem Abstande der Mattscheibe vom Bildort so klein, dass man sie als unschädlich — richtiger möglichst unschädlich — bezeichnen kann.

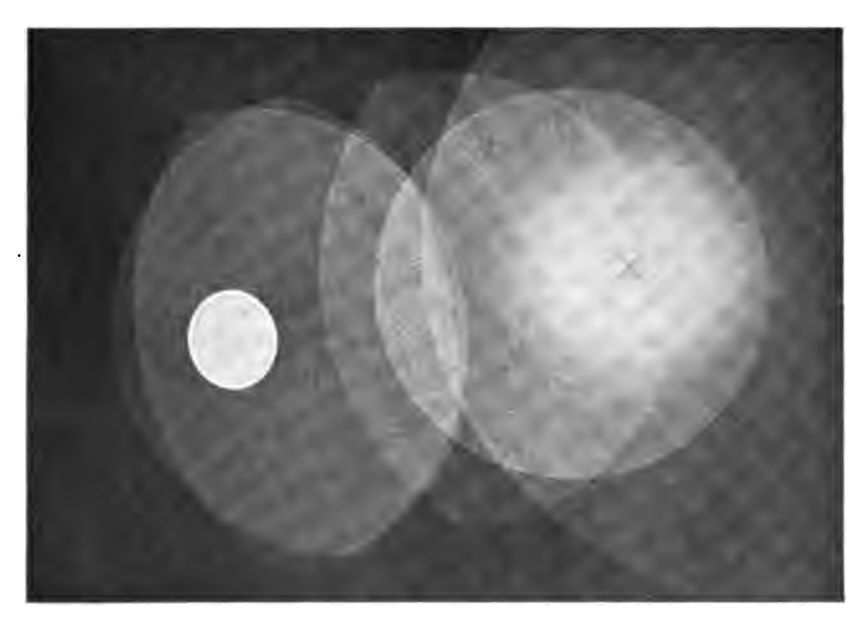


Fig. 44.

Darstellung der 6 hellen Flecke eines symmetrischen Doublets älterer Konstruktion nach R. SCHÜTTAUF.

Eingestellt ist das Hauptsystem auf den Punkt X. Die hellen Flecke sind aufzufassen als die Projektionen der Nebenbilder auf die M.-E. mittels der auf den Austrittspupillen der 6 Nebensysteme errichteten Kegel endlicher Oeffnung. Für einen Theil der Nebensysteme (3) wirkt die Objektivfassung aperturbeschränkend, so dass die hellen Flecke einerseits von der Projektion der A.-P., anderseits von der der Objektivfassung begrenzt sind (Kreiszweiecke und Kreisviereck).

Bei der Einstellung des Hauptsystems auf einen leuchtenden Punkt wird man also unter Umständen auf der Mattscheibe alle $\frac{2\nu(2\nu-1)}{1 \cdot 2}$ Nebenbilder entweder direkt oder durch Zerstreuungsfiguren repräsentirt finden, wobei letztere als helle Flecke erscheinen und der Blendenbegrenzung mehr oder minder ähnliche Umrisse zeigen.

Lichtfleck, Nebenbild und Blendenfleck.

Hat man aber auf ein flächenhaft ausgedehntes Objekt eingestellt, welches grosse Helligkeitskontraste aufweist, so entstehen auf sämmtlichen zu den hellen Theilen gehörigen Hauptstrahlen der verschiedenen Nebensysteme Bildpunkte, deren Repräsentanten sich auf der Mattscheibe überlagern und einen verwaschenen hellen Fleck ungefähr von den Umrissen des hellen Objekttheils bilden. Lagert sich dieser Fleck über dunkle Theile des Hauptbildes, so vermag er bei genügender Intensität auf die lichtempfindliche Schicht zu wirken und wird dann als *Lichtfleck (ghost)* bezeichnet. Bei Landschaftsaufnahmen tritt er als Repräsentant des Himmels auf, der den dunklen Vordergrund überlagert. Erscheint das Nebenbild als Repräsentant eines hellen Objekts geringer Ausdehnung, so nennt man es, jenachdem es nahe oder entfernt der Mattscheibe zu liegen kommt, entweder *Nebenbild* (Umrisse des hellen Objekts) oder *Blendenfleck (flare spot)* (Umrisse der Blende). Besonders schädlich kann es wirken, wenn die A.-P. eines der Nebensysteme in die Nähe der Bildstellung der M.-E. für das Hauptsystem fällt. Alsdann erhält man sehr leicht in der Plattenmitte eine störende Lichtwirkung, die früher häufig als das Bild der Blende angesehen wurde.

Dass Nebenbilder auftreten, kann vom Optiker überhaupt nicht verhindert werden, das einzige, was nach dieser Richtung hin geschehen kann, ist, sie möglichst weit von der Mattscheibe entfernt zu legen. Im allgemeinen treten diese Erscheinungen bei grossen Bildwinkeln auf; wo irgend angängig, ist seitliches Licht bei Aufnahmen, die sehr grosse Kontraste zeigen sollen, zu vermeiden.

Andere Mittel, wie beispielsweise die Aenderung des Blendenabstandes oder der Linsenentfernung, sind, obwohl sie häufig vorgeschlagen wurden, recht fragwürdiger Natur, da die Blendenstellung moderner Objektive durch Rücksichtnahme auf Astigmatismus, Bildfeldebenung und Verzeichnung bestimmt ist.

β. Die Lichtverluste durch Reflexion und Absorption.

Im Vorhergehenden hatten wir gesehen, dass das falsche Licht, welches in den Nebenbildern oder Lichtflecken auf der Platte zur Erscheinung kommt, durch doppelte Reflexion zu erklären ist. Das durch einfache Reflexion abgelenkte Licht geht bis auf jene zweimal gespiegelten Theile in der Richtung auf das Objekt weiter und ist somit, wenigstens zum grössten Theile, für die Wirkung auf der Platte verloren.

Reflexionsverluste unter Beschränkung auf einmalige Spiegelung.

Fragen wir nun, zunächst ohne Rücksicht auf die doppelte Spiegelung zu nehmen, nach dem Betrage des Reflexionsverlustes, so lässt sich derselbe, wenn die Lichtintensität 1 auffallend gedacht ist, für die Axenstrahlen sehr einfach ermitteln, nämlich bei einer Fläche zu

$$\left(\frac{n-1}{n+1}\right)^2.$$

Wir erhalten danach für das durch eine Fläche durchgelassene Licht den Ausdruck:

$$1-\left(\frac{n-1}{n+1}\right)^2=\frac{4n}{(n+1)^2}.$$

Vernachlässigt man nun die Lichtverluste an den Kittflächen wegen ihrer unvergleichlichen Geringfügigkeit, so erhält man als Licht, welches eine Folge von k Flächen passirt:

$$4^k\prod_{\nu=1}^{k}\frac{n_\nu}{(n_\nu+1)^2}$$

Für schiefe Strahlen ist die Berechnung sehr viel komplicirter, doch konnte der Verfasser in seiner Arbeit (*7. 175.*) zeigen, dass die unter Anwendung der strengen FRESNEL'schen Formeln für schiefe Strahlen ermittelten Resultate für praktisch verwerthbare Neigungswinkel mindestens für drei Objektivtypen nur sehr wenig von denen des Axenstrahls abweichen. Man ist danach berechtigt, in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle die Reflexion für die Gesammtintensität als konstant über das ganze Bildfeld anzusehen.

Den Verlust durch einmalige Spiegelung erhalten wir zu

$$1-4^k\prod_{\nu=1}^{k}\frac{n_\nu}{(n_\nu+1)^2}$$

doch wird ein Theil durch eine zweite Spiegelung als in den meisten Fällen störendes Licht auf die Platte zurückgeworfen. Der ganze Betrag der Differenz ist nicht unbeträchtlich; in den drei an der obigen Stelle behandelten Fällen betrug für ein Objektiv mit zwei Flächen gegen Luft der Reflexionsbetrag etwa $9^1/_2$, für eines mit vier solchen Flächen etwas über 18 und für eines mit sechs nahezu 25 Procent des einfallenden Lichtes.

Diesen Beträgen etwa entsprechend verringert sich, wenn wie in der Regel ausgedehnte Flächen aufgenommen werden sollen, die absolute Intensität der betrachteten Objektivtypen. In Fällen dagegen, wo es sich um die scharfe Wiedergabe von hellen Punkten oder Strichen handelt, kommt es noch auf die Güte der Strahlenvereinigung an, und da kann es vorkommen, dass Objektive mit beträchtlich mehr reflektirenden Flächen doch absolut lichtstärker sind als solche mit einer geringeren Zahl, weil sie eine vollkommenere Strahlenvereinigung aufweisen.

Die Absorptionsverluste.

Was die Absorptionsverluste angeht, so sind wir leider ohne ziffernmässige Kenntniss der für violettes Licht gültigen Absorptionskoefficienten der neuen Gläser. Wohl kann man, wie in der oben citirten Abhandlung geschehen, im allgemeinen die etwas verwickelte Abhängigkeit nachweisen, in der die Grösse der Absorption zum Ausführungsmassstab eines bestimmten Objektivtypus steht, aber die zahlenmässige Auswerthung des Absorptionsverlustes für eine gegebene Brennweite ist leider vor der Hand unmöglich.

Es scheint mir nicht wahrscheinlich, dass bei den Dimensionen des Durchschnittsobjektivs die Verluste durch Absorption auch nur annähernd so gross seien, wie die durch Reflexion, doch bin ich aus dem oben angeführten Grunde nicht im Stande, einen strengen Beweis dafür zu führen. Sicherlich aber besteht ein Unterschied zwischen Absorption und Reflexion insofern, als im ersteren Falle nur einfach ein bestimmter Procentsatz des auffallenden Lichtes in Abzug zu bringen ist, während im letzteren Falle ausserdem noch die mit der Grösse des Reflexionsverlustes schnell wachsende Menge doppeltreflektirten Lichts schädigend wirkt.

II. Historischer Theil.

Bemerkungen zu der historischen Darstellung.

1. Die ausführlichere Inhaltsangabe eines Buches oder Artikels ist in kleinen Lettern gedruckt. Dasselbe gilt von der Beschreibung des Korrektionszustandes der durchgerechneten Objektive, die sich auf die am Schlusse angehängten vier Figurentafeln bezieht. Die Nummer der entsprechenden Tafel ist angegeben.

2. Die hinter den Autorennamen stehenden halbfetten, grösseren Ziffern beziehen sich auf die im Litteratur-Verzeichniss angegebenen Ordnungsnummern der Arbeiten. Dementsprechend ist bei den Autoren nur einer Arbeit ein solcher Hinweis nicht vorhanden.

3. Die in den Anmerkungen benutzten Abkürzungen der Journalnamen sind mit denen des Litteratur-Verzeichnisses identisch.

4. Zur Charakterisirung der Glasarten ist durchweg:

Flint mit ansteigender ////

altes (*niedrig brechendes*) *Crown* mit absteigender \\\\

neues (*hoch brechendes*) *Crown* mit horizontaler ≡ Strichelung

bezeichnet worden.

5. Die Objektivtypen sind, wenn vollständig bekannt, sämmtlich in natürlicher Grösse für f = 100 mm gezeichnet; weniger genau bekannte sind unter möglichster Einhaltung desselben Maassstabes gestrichelt angegeben; war nur das Schema ungefähr mitgetheilt, so erfolgte hier zur leichteren Unterscheidung die Wiedergabe weiss auf schwarz; in diesen letzten Fällen kann über den Maassstab keinerlei Angabe gemacht werden.

A. Der Stand der Camera obscura-Optik zur Zeit der Erfindung der Photographie.

Die Entdecker der Photographie waren sämmtlich, JOSEPH NICÉPHORE NIEPCE und LOUIS JAQUES MANDÉ DAGUERRE, ebenso wie WILLIAM HENRY FOX TALBOT von dem Bestreben ausgegangen, das in der *Camera obscura* entstehende Bild zu fixiren; sie hatten, was den optischen Theil angeht, ein schon verbessertes Instrument vorgefunden, und es wird zum Verständniss der Entwickelung der photographischen Optik nöthig sein, den Werdegang des Objektivs für die *Camera obscura* und seiner Hilfsapparate etwas eingehender zu verfolgen.

Einfache *Camera obscura* auch als Schaukasten verwandt.

Man wandte sehr lange Zeit für dieses Instrument einfache Bikonvex- oder Plankonvexlinsen an, die für axennahe Objekte trotz sphärischer und chromatischer Fehler doch Bilder ergaben, welche für die Betrachtung mit unbewaffnetem Auge völlig genügten und das Nachziehen der Umrisse mit dem Bleistift ohne weiteres gestatteten. Solche einfachen Einrichtungen wurden (von GIAMBATTISTA DELLA PORTA [1589]) am Ausgang des sechzehnten Jahrhunderts von den ersten Benutzern der *Camera obscura* verwandt; dabei befand man sich häufig innerhalb des als *Camera obscura* verwandten Raumes und sah die Bilder naturgemäss nicht nur umgekehrt, sondern auch noch spiegelverkehrt, d. h. mit Vertauschung von rechts und links. Einige Zeit später konstruirte man auch kleinere tragbare Formen der *Camera obscura*, die man umgekehrt auch als Schaukästen — *shew boxes* — dazu benutzen konnte, klein gedruckte Schriften und ähnliche Gegenstände Weitsichtigen bequem vorzuführen. Man brachte die zu betrachtenden Gegenstände in oder nahe der Brennebene der Linse an, und liess den Weitsichtigen dieselben durch die Linse hindurch ansehen. Wir finden also hier zum ersten Male die Uebereinstimmung des

6*

Strahlenganges benutzt, der besteht zwischen der Verwendung einer Linse als Landschaftsobjektiv für die plane Mattscheibe und der Benutzung eines Brillenglases für einen Weitsichtigen bei der Betrachtung eines ebenen Objekts. Die klare Erkenntniss dieses Zusammenhanges sollte später für das Objektiv der *Camera obscura* von Bedeutung werden. Die Verbesserungsvorschläge, welche in jener Zeit gemacht werden, beziehen sich in der Hauptsache auf die Auswahl nicht zu kurzer Brennweiten der Kamera-Linsen, um das Auftreten farbiger Ränder und starken Lichtabfall gegen den Bildrand zu vermeiden, wovon uns S. PARRAT 1753 ein Beispiel giebt.

Bildumkehrung durch Spiegel.

Fing man das von der Linse entworfene Bild auf einer Mattscheibe auf und zeichnete es, hinter derselben stehend, durch, wie das nach J. F. SACHSE's Bericht (*1.*) ROBERT HOOKE bereits 1694 vorgeschlagen hat, so erhielt man eine innerhalb der Fehlergrenzen völlig korrekte Reproduktion der darzustellenden Objekte ohne Vertauschung von rechts und links. Es ist indessen diese Stellung

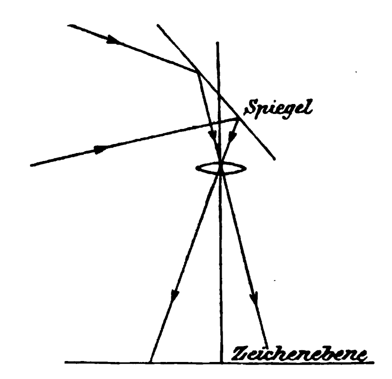


Fig. 45.
Einrichtung der *Camera obscura* vor W. H. WOLLASTON gegen Ende des vorigen Jahrhunderts. Spiegel dicht vor der Linse.

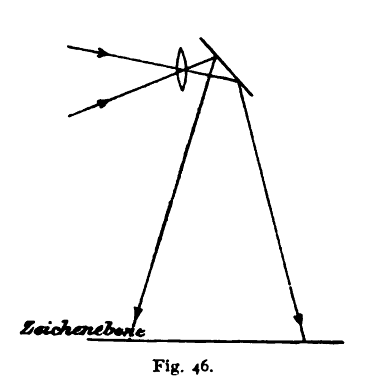


Fig. 46.
Einrichtung der *Camera obscura* vor W. H. WOLLASTON gegen Ende des vorigen Jahrhunderts. Spiegel dicht hinter der Linse.

der Mattscheibe für den Zeichner nicht gerade günstig, und so suchte man schon frühzeitig nach Mitteln, welche geeignet waren, die Zeichenebene in eine mindestens geneigte oder horizontale Lage zu bringen. Dieselben fanden sich in der Anwendung eines neu hinzugefügten Planspiegels. Dabei war die Einrichtung der Optik, so wie in den Skizzen angedeutet.

Vor oder hinter dem Objektive (Fig. 45 u. 46) war ein gegen dasselbe in der Regel um 45° geneigter Planspiegel in möglichster

Nähe angebracht, welcher bewirkte, dass für einen unter der Zeichenebene befindlichen Beobachter das Bild eine Vertauschung von rechts und links aufwies. Da sich aber das Auge des Zeichners über der Bildebene befand, so erblickte es ein dem zu zeichnenden Objekte ähnliches Bild ohne Vertauschung. Diese Einrichtung wurde nun allgemein angenommen, zumal da sie auch den Vortheil bot, dass der Kasten der *Camera obscura* sehr leicht so gebaut werden konnte, dass für den Zeichner alles falsche Licht ausgeschlossen wurde. Die in Fig. 45 skizzirte Form liess sich so einrichten, dass der Spiegel auch andere Winkel als blos 45° mit der Objektivaxe bilden konnte, man war dann in den Stand gesetzt, auch nähere Gegenstände aufzunehmen.

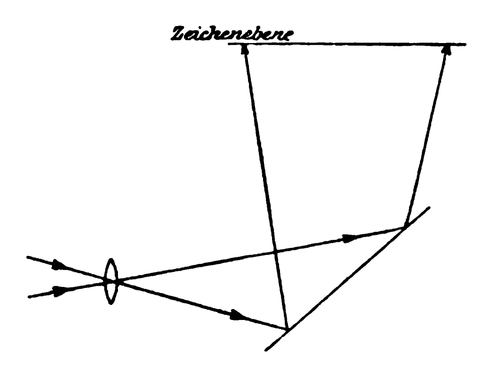


Fig. 47.
Alte *Camera obscura*. Spiegel weit hinter der Linse, Bild nach oben.

Je weiter man den Spiegel vom Objektiv abrückte, desto grösser musste er werden, wenn die gleiche Grösse des Gesichtsfeldes erhalten bleiben sollte. Natürlich liess sich das Bild auch ebenso leicht, wie in Fig. 47 angedeutet, nach oben entwerfen, wo es dann von aussen durchgezeichnet werden konnte. Man erhielt dann aber wieder ein spiegelverkehrtes Bild, was indessen für Kupferstecher und Holzschnittarbeiter gerade erwünscht war. Die Analogie mit späteren Spiegelkameras, die ihre Vorgänger in diesen Zeichenapparaten haben, liegt auf der Hand.

J. Harris, *Treatise of Optics.*

Sehr eingehende Darlegungen dieser hier angeführten Kombinationen von Linsen und Planspiegeln und mancher Modifikationen erhalten wir aus dem sorgfältigen Buche von Joseph Harris, welches uns das Maass der Kenntnisse aufweist, das der Autor sich in den letzten Jahren vor seinem 1764 erfolgten Tode erworben hatte. Dieses Buch, eine wissenschaftliche Entwicklung der Optik, wurde von dem Verfasser, der Probemeister an der Londoner Münze war, in der freien Zeit geschrieben und enthält verschiedene Angaben über die darin beschriebenen und mehrfach erprobten Konstruktionen, woraus man schliessen muss, dass das Interesse des grossen Publikums an der optischen Kuriosität der *Camera obscura* um die Mitte des 18. Jahrhunderts ein ganz beträchtliches war.

Er unterscheidet*) 1. die *Camera obscura* in unserm heutigen Sinne als Apparat zur Projektion von Landschaften auf einen weissen Schirm, und 2. die *Camera obscura* als Zeichenapparat.

Hinsichtlich der ersteren Verwendung räth er von der Benutzung zu langer Objektivbrennweiten ab und empfiehlt als Grenzen 2,4 m (8 feet) und 1,2 m (4 feet). Das Bildfeld ist auf 20—30° zu beschränken, da es gekrümmt ist und sich sonst ein merkbarer Schärfenabfall gegen den Rand hin zeigt. Als Linsenfassung empfiehlt er eine centrisch durchbohrte Kugel, welche, sich in einem Kugelgelenk bewegend, der Axe der in der Durchbohrung eingesetzten Linse innerhalb gewisser Grenzen beliebige Neigungen zu ertheilen gestattet. Diese Einrichtung führt den Namen *scioptric ball* oder *ox-eye.* In die Fassung lassen sich an beide Enden des Cylinders zwei Linsen verschiedener Brennweite schrauben, deren Kombination eine dritte Brennweite liefert, so dass man im Stande ist, das Bild der von dem verdunkelten Zimmer aus sichtbaren Landschaft je nach Belieben in dreifach verschiedener Grösse auf dem weissen Schirm zu entwerfen. Nachdem er die verschiedenen Möglichkeiten der Kombination von Linse und Spiegel aufgeführt hat, entscheidet er sich für möglichst kleine Spiegel nahe der Linse, die am ehesten gut plan herzustellen wären; am besten fertigt man dieselben seiner Meinung nach aus Metall, da dasselbe ungemein viel mehr Strahlen reflektirt als Glas. Er führt auch die erste Verbindung von Linse und Planspiegel zum Zwecke der Bildumkehrung auf G. DELLA PORTA zurück.

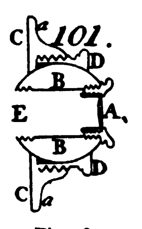


Fig. 48.
Scioptric ball oder *ox-eye.* Reproduktion in etwa natürlicher Grösse von Fig. 101 aus J. HARRIS, *Treatise.*
C, D sphärisches Lager für die cylindrisch durchbohrte Kugel B.
A *Camera obscura*-Linse, hinten eingeschraubt.
E Ort für die vordere Linse.

Was sodann die Zeichenapparate angeht, so ist es bemerkenswerth, dass sämmtliche Linsen mit einer Vorderblende gezeichnet sind, sie befinden sich behufs Ermöglichung der Einstellung in einer sanft gleitenden Röhre. Er hebt die gute Verwendbarkeit einer Einrichtung wie in Fig. 45 hervor, wo der Zeichner gegen die darzustellenden Objekte seinen Rücken kehrt, deren Bilder ihm nicht spiegelverkehrt erscheinen. Er erwähnt auch schon, dass diese Anordnung die Konstruktion eines bequem transportirbaren Zeichenzelts erlaube.

In einer nicht entfernt so gründlichen Behandlung der Theorie der *Camera obscura* schrieb der Pariser Optiker CHARLES CHEVALIER (*1.*) die in Fig. 45 skizzirte Form, bei der der Spiegel auch unter anderem Winkel als 45° gegen die Axe geneigt werden konnte, dem nicht unbekannten Physiker Abbé JEAN ANTOINE NOLLET (P.) [* 1700, † 1770] zu, der auch in der That über die *Camera obscura* gearbeitet hat; seine Arbeiten sind mir indessen leider nicht zugänglich gewesen.

Der Hauptübelstand der soeben beschriebenen Typen der *Camera obscura* waren die bei einem sphärisch für entfernte Objekte

*) Book II. § 4. *Of camera obſcura's* 264—282.

korrigirten Einzelobjektiv naturgemäss grossen Fehler ausser der Axe, welche dazu nöthigten, sich auf einen sehr kleinen Bildfeldwinkel zu beschränken, worauf J. HARRIS auch schon aufmerksam gemacht hatte.

W. H. WOLLASTON's Verbesserung des Objektivs.

Der erste bedeutende Fortschritt in dieser Hinsicht geschah durch den Arzt und Physiker WILLIAM HYDE WOLLASTON [* 6. Aug. 1766, † 22. Dec. 1828] im Jahre 1812. Dieser scharfsinnige Experimentator hatte sich (*1.*) ja bereits in dem Jahre 1804 mit den Vorzügen der Meniskusform für Brillengläser beschäftigt und durch den Versuch nachgewiesen, dass diese Brillenform den Weitsichtigen ein grösseres Bildfeld gleichmässig scharf zeigt, als das bei der Bikonvexlinse der Fall ist. Er hatte dieser Meniskuslinse den leicht erklärlichen

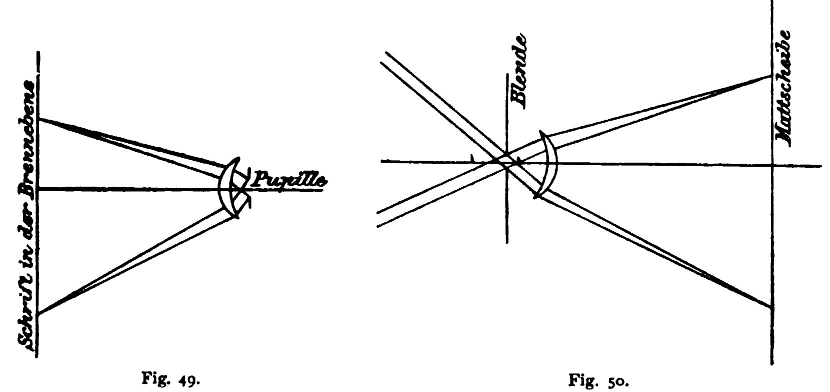


Fig. 49.
Strahlengang bei W. H. WOLLASTON's periskopischem Brillenglas für Weitsichtige.

Fig. 50.
Strahlengang bei W. H. WOLLASTON's Meniskus als *Camera obscura*-Objektiv.

Namen Periskop [von περισκοπέω = umherblicken] gegeben. Nunmehr übertrug er 1812 das Periskop-Princip auf das Objektiv der *Camera obscura* und bemerkte durchaus richtig, dass ein solcher Meniskus hier in umgekehrter Lage und für den umgekehrten Strahlengang benutzt werde, als in dem Falle eines Brillenglases für Weitsichtige.

Die von den einzelnen Punkten der im vorderen Brennpunkt axensenkrecht errichteten Ebene ausgehenden Strahlenbüschel sind nach dem Durchgang durch den Meniskus parallelstrahlig, und es gelangen nur diejenigen Strahlen durch die Pupille in das Auge, welche auf die Vorderfläche unter kleinen Incidenzwinkeln auftreffen. Bei seiner Umkehrung des ganzen Apparates zum Zwecke

des *Camera obscura*-Objektivs für Landschaftsaufnahmen behielt W. H. Wollaston eine bestimmte Blendenstellung bei und unterscheidet sich dadurch vortheilhaft von seinen Nachfolgern, die die Wichtigkeit des Diaphragmas lange Zeit übersehen zu haben scheinen.

Die von ihm gegebene Vorschrift für ein periskopisches *Camera obscura*-Objektiv ist (*2.*) folgende:

Unter Annahme eines Brechungsexponenten von n = 1,505 wird ein Meniskus hergestellt, dessen Radien im Verhältniss von 2 : 1 stehen.*) Bei einem Linsendurchmesser d = 102 mm (4″) und einer Brennweite von f = 560 mm (22″) wird vor die den Objekten zuzukehrende konkave Seite ein

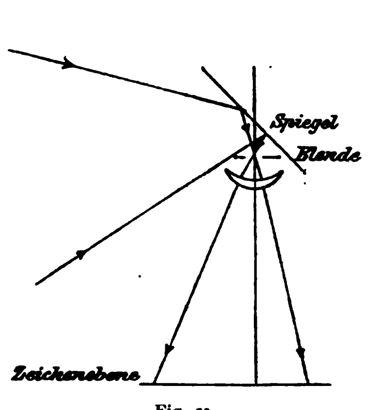


Fig. 51.
Einrichtung der *periscopic camera obscura* W. H. Wollaston's 1812.

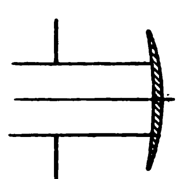


Fig. 52, s. Taf. IV.
W. H. Wollaston's Meniskus.
Quelle: W. H. Wollaston *2.*
Reducirt auf $f_D = 100$ mm.
Radien r_ν, Dicke d_1 und Abstand b_1 auf der Axe in mm gemessen.

$b_1 = 12.7$
$r_1 = 51.2$
d_1[1]) = *1.0*
$r_2 = 25.6$
Glasart n_D
1.505.

[1]) Dicke möglichst klein angenommen.

Diaphragma von 51 mm (2″) Durchmesser in einer Entfernung von etwa 70 mm ($2^3/_4$″) angebracht; man erhält dann bei einem Oeffnungsverhältniss von 1 : 11 ein Gesichtsfeld von etwa 60°, bei kleinerem Gesichtsfelde würde man mit schwächerer Krümmung der Vorderfläche auskommen. Er macht darauf aufmerksam, dass man bei dieser Konstruktion auf die Steigerung der Lichtstärke bei guter sphärischer Korrektion für Axenpunkte verzichte zu Gunsten eines

*) Um eine Kontrolle der hier stets vorgenommenen Umrechnung in metrisches Maass zu ermöglichen, gebe ich unten die Beziehungen der verschiedenen Maasseinheiten zum metrischen Maass an und werde in Zukunft hierauf zurückverweisen:

1 bayrischer	Zoll (″) = 1 B. Z.	= 12 Linien	(‴) = 24,33 mm
1 englischer	„ (″) = 1 inch.	= 10 „	(‴) = 25,40 „
1 Pariser	„ (″) = 1 P. Z.	= 12 „	(‴) = 27,07 „
1 rheinischer (preussischer)	„ (″) = 1 R. Z.	= 12 „	(‴) = 26,15 „
1 Wiener (österreichischer)	„ (″) = 1 W.Z.	= 12 „	(‴) = 26,34 „

gleichmässig scharfen und ausgedehnten Feldes. Thatsächlich ist der Astigmatismus bei dieser empirisch gefundenen Linse wesentlich verbessert, denn es beträgt die astigmatische Differenz für $\omega = 30^0$ nur etwa 3.5 mm. Allerdings ist ein gewisser Betrag von Bildfeldkrümmung vorhanden.

Eine eigenthümliche Verwendung machte er in derselben Arbeit von zwei dicken Plankonvexlinsen, die er zu einem mikroskopischen Doublet mit Mittelblende verband, und somit das erste symmetrische Objektiv mit Mittelblende herstellte. Er konnte dieses, allerdings chromatische, Doublet bis zu einer Oeffnung von 1 : 5 benutzen.

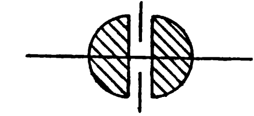


Fig. 53. Symmetrisches Doublet W. H. WOLLASTON's mit Mittelblende.

Diese wichtigen Ergebnisse des englischen Forschers geriethen nicht in Vergessenheit, sondern dienten auch auf dem Kontinent zur Verbesserung von Brillen und mindestens in Frankreich auch zur Erhöhung der Leistungsfähigkeit der *Camera obscura.*

W. H. WOLLASTON's französische Nachfolger: 1. R. CAUCHOIS

Hier folgte der Pariser Optiker ROBERT AGLAÉ CAUCHOIS*) [* 1776, † 1845] dem Vorgange W. H. WOLLASTON's zunächst hinsichtlich der periskopischen Brillen nach. Bei der Konstruktion derselben hatte er den zuerst bei sehr tiefen Menisken auftretenden Uebelstand zu vermeiden, dass von hellen Objekten durch doppelte Reflexion der Strahlen an den Grenzflächen störende Nebenbilder entstanden. Ueber das Radienverhältniss, das er schliesslich annahm, sind wir durch seine Arbeit nicht unterrichtet, doch theilt es uns J. B. BIOT mit, nach welchem es 5 : 8 ist. Aus dieser Quelle wissen wir auch allein, dass sich R. CAUCHOIS auch mit der Anfertigung von Menisken für die *Camera obscura* beschäftigte, während dieser selbst uns nur mittheilt, dass er die WOLLASTON'sche Arbeit vom Jahre 1812 gelesen habe. Derselbe scheint sich der Wichtigkeit der Blende vor dem Objektiv bewusst gewesen zu sein, während J. B. BIOT in seiner Beschreibung der *Camera obscura* vom Jahre 1824 der Blendenstellung beim WOLLASTON'schen Meniskus keinerlei Erwähnung thut.

2. V. CHEVALIER.

Bald nach R. CAUCHOIS's Auftreten beschäftigte sich ein anderer französischer Optiker JACQUES LOUIS VINCENT CHEVALIER [* 22. Dec. 1770, † 29. Nov. 1841] mit dem optischen Theile der *Camera obscura.* Er war, wie uns sein Enkel A. CHEVALIER mittheilt, von seinem Vater in der Optik ausgebildet und begann nach einem im Heeresdienste verbrachten Jahrzehnt im Anfang dieses Jahrhunderts seine Thätigkeit als Optiker wieder. Dabei kam er (*1.*) denn in dem Jahre 1819

*) Nach Andern, auch (P.): CAUCHOIX.

auf den Gedanken, Linse und Spiegel mit Hilfe des totalreflektirenden Prismas zu vereinigen. Die Verwendung totalreflektirender Prismen für die *Camera lucida* war schon von W. H. WOLLASTON angegeben, und V. CHEVALIER hatte nur die Uebertragung dieses Princips auf den optischen Apparat der *Camera obscura* zu leisten.

Er blieb dabei aber hinter den optischen Resultaten seines grossen Vorgängers zurück, indem seine erste *Camera obscura* mit *prisme convexe* nur eine konvexe Fläche an dem Prisma aufwies und dieselbe den Objekten zukehrte.

Auch bei seiner Verbesserung (2.) vom Jahre 1823, dem *prisme ménisque*, passirte das von den Objekten ausgehende Licht zunächst die konvexe Vorderfläche des reflektirenden Prismas, das seine konkave Hinterfläche der Zeichenebene zukehrte. Dass ihm bei dieser Anordnung die geringere Leistungsfähigkeit des optischen Apparates nicht auffiel, ist wohl damit zu erklären, dass er sich stets auf ein nur kleines Bildfeld beschränkte.

Wenn nun auch diese Prismen infolge der Vermeidung von Lichtverlusten und Reflexbildern dem Spiegel und der Einzellinse gegenüber gewisse Vortheile darbieten, so kann darüber ein Zweifel wohl nicht bestehen, dass diese Aenderungen dem WOLLASTON'schen Modell gegenüber, was Bildschärfe angeht, als Rückschritte zu bezeichnen sind. Später sind CH. CHEVALIER, dem Sohne des ersteren, die Vorzüge der WOLLASTON'schen Anordnung, im besonderen bekannt und man kann vielleicht aus dem Umstande, dass von den ersten photographischen Apparaten französischer Herkunft keiner das CHEVALIER'sche *prisme convexe* erhielt, den Schluss ziehen, dass dessen Leistungsfähigkeit dem WOLLASTON'schen Modell gegenüber als geringwerthiger erkannt war.

Nichts desto weniger war die Verwendung der totalreflektirenden Hypotenusenflächen immerhin ein Zuwachs zu den optischen Mitteln, besonders da die Herstellung so grosser Massen homogenen Glases der Glastechnik eine von den gewöhnlichen abweichende Aufgabe stellte. Dieselbe wurde nach einem schon 1787 von dem sonst unbekannten . . FERET angewandten und *refoulage* genannten Verfahren gelöst, bei dem der Glasblock aus ausgelesen guten Stücken Spiegelglases zusammengeschmolzen und dabei in eine der endgültigen nahe gleiche Form gebracht wurde.

An die Achromatisirung des Objektives der *Camera obscura* ist wohl gedacht worden, doch hat man in der Praxis kaum grösseren Gebrauch davon gemacht.

G. B. AIRY, *On the spherical aberration of the eye-pieces of telescopes.*

Eine sehr bemerkenswerthe Erweiterung der Erkenntniss seiner Leistungsfähigkeit erfuhr das Objektiv der *Camera obscura* durch die grundlegenden Untersuchungen GEORGE BIDDELL AIRY's [* 1801]. Dieser Autor stellte sich 1827 die Aufgabe, die Verzeichnung, die Bildwölbung und den Astigmatismus optischer Systeme zu bestimmen unter der Voraussetzung, dass der Kreuzungspunkt der Hauptstrahlen auf der Systemaxe gelegen sei.

Da unter seiner Voraussetzung einer einfachen Linse eine völlige Hebung aller drei Bildfehler sich ihm als unmöglich ergab, so erschien ihm für das Objektiv der *Camera obscura* die möglichste Hebung der Bildwölbung und des Astigmatismus am wichtigsten, vorausgesetzt die Verzeichnung hielte sich in erträglichen Grenzen.

Bei der Behandlung seiner Aufgabe stellte er als Bedingung für die Verzeichnungsfreiheit die Konstanz des Tangentenverhältnisses auf und definirte die Verzeichnung als Abweichung der Werthe dieses Verhältnisses von einer Konstanten.

Die von ihm zu leistenden Entwicklungen zerfielen naturgemäss in die Verfolgung des Laufes eines Hauptstrahls durch das System und in die Bestimmung der Bildpunkte der sagittalen und meridionalen Büschel auf diesem Hauptstrahl, welch' letzteren er durch die Ermittlung der bezüglichen Abscissen gerechnet vom letzten Linsenscheitel leistet. Die analytische Entwicklung wird für dickenlose Linsen aber für beliebigen Abstand des Kreuzungspunktes auf der Axe unter Beschränkung auf die zweiten Potenzen der Hauptstrahl-Axenwinkel durchgeführt.

Die schönen Ergebnisse wendet er auf das für Landschaftsaufnahmen dienende Objektiv der *Camera obscura* an und stellt sich die Aufgabe, für eine Einzellinse das günstigste Radienverhältniss und den besten Blendenabstand zu finden, um ein möglichst deutliches *(distinct)* Bild zu erhalten. Es ist nämlich nicht möglich, ein wirklich scharfes Bild ausser der Axe zu erhalten, weil die beiden astigmatischen Bildflächen eines einfachen Meniskus verschiedene Krümmung haben. Und zwar zeigt er, dass der Krümmungsradius der meridionalen Büschel gegeben ist durch

$$\varrho_1 = \frac{nF}{3n+1},$$

der der sagittalen durch:

$$\varrho_2 = \frac{nF}{n+1},$$

wobei F die Brennweite bedeutet.

Er definirt dabei das Bild ausser der Axe dann als am deutlichsten, wenn die Schnittfigur der astigmatisch deformirten Büschel mit der senkrecht zur Axe liegenden Zeichenebene ein Kreis ist. Die Erfüllung dieser Bedingung ergiebt ihm eine Gleichung, die verschiedene Wurzeln besitzt, welche sich in zwei Hauptgruppen einordnen lassen.

Beide Gruppen führen zu vollständiger Bestimmung der Radien und des Blendenortes und zwar einmal zu einem Meniskus mit konvexer Seite nach den Objekten und Hinterblende als günstigster Stellung, sodann zu einer Plankonvexlinse mit Vorderblende, plane Seite der Blende zugekehrt, was, wie

G. B. Airy bemerkt, den experimentell von W. H. Wollaston gefundenen Fall einschliesst.

Die Bildfeldkrümmung ist in beiden Fällen konkav gegen das Objektiv, konvex gegen die Mattscheibe und besitzt einen Krümmungsradius von etwa der Länge nF.

Die grosse Bedeutung der Airy'schen Schrift für die photographische Optik scheint erst spät gewürdigt zu sein. Wenn sie auch zu jener Zeit auf die englischen Lehrbücher wie das von H. Coddington wirkte, so scheint sie besonders auf dem Kontinent in weiteren Kreisen leider nicht bekannt geworden zu sein. Es erklärt sich daraus, dass die rechnenden Optiker späterer Zeit, für die diese Betrachtung der astigmatischen Deformation schiefer Büschel von grossem Interesse gewesen wäre, nicht auf G. B. Airy zurückgehen.

W. R. Hamilton's charakteristische Funktion.

Noch weit tiefer scheint sechs Jahre später William R. Hamilton in die Theorie der optischen Abbildung eingedrungen zu sein, wie das vor kurzem S. Finsterwalder hervorgehoben hat. Nach Angabe dieses Forschers ist W. R. Hamilton, der Entdecker des nach ihm benannten mechanischen Princips, schon 1833 im Besitze von Formeln, die die später von L. Seidel unabhängig und auf ganz anderem Wege gefundenen 5 Abbildungsfehler umfassen. Eine Anwendung auf die Praxis der optischen Instrumente scheint er aber von seinen Formeln nicht gemacht zu haben.

Die Hamilton'sche Methode ist auf dem Gebiete der optischen Untersuchungen in Vergessenheit gerathen und erst 1890 von M. Thiesen wieder neu entdeckt worden.

E. v. Leyser, *Camera obscura*-Objektiv.

Bevor wir diesen einleitenden Abschnitt schliessen, wollen wir noch einer Konstruktion Erwähnung thun, die in den ersten Jahren der photographischen Verfahren publicirt wurde. Es ist das *Camera obscura*-Objektiv von Ernst von Leyser vom Jahre 1842. Mit einem grossen Aufwande von optischen Mitteln wird hier das von einem Linsensystem entworfene reelle Bild vergrössert, so dass das Objekt aufrecht auf der Mattscheibe erscheint. Dem Erfinder, der mehr Dilettant als Optiker von Fach gewesen zu sein scheint, entging es nicht, dass eine solche Anordnung den Vortheil gewähre, leicht die Bildgrösse variiren zu können. Eingebürgert hat sich dieser Typus nicht; er verdient aber wohl Erwähnung, weil er als ein Vorläufer der Teleobjektive mit positivem Vergrösserungssystem auftritt, die dann erst wieder von dem Abbé .. Torné 1858 und auch nicht zielbewusster in Vorschlag gebracht wurden.

B. Die französisch-italienische Optik.

1. Die Zeit bis zum Erscheinen des Petzval'schen Portraitobjektivs.

Der gute Ruf, den die CHEVALIER'sche Anstalt in Paris genoss, führte beide Erfinder der Daguerreotypie, N. NIEPCE sowohl als L. DAGUERRE, für den Bezug der Linsen zu dieser Firma. Es scheint, dass auf L. DAGUERRE selbst der Anstoss zur Achromatisirung des WOLLASTON'schen Meniskus zurückzuführen sei, sicher ist, dass schon die ersten DAGUERRE'schen Apparate nicht mehr den einfachen Meniskus, sondern eine nach dem Verfahren von V. und CH. CHEVALIER (*5. I. 6.*) achromatisirte Einzellinse führten.

CH. CHEVALIER

Der 1804 geborne Sohn V. CHEVALIER's CHARLES LOUIS [* 18. April 1804, † 21. Nov. 1859] war, wie uns A. CHEVALIER berichtet, allmählich seinem Vater unentbehrlich geworden. Noch als Knabe hatte er 1819 die Bekanntschaft eines Beamten A. LEBAILLIF gemacht, der sich in seinen Mussestunden mit mechanischen und optischen Problemen beschäftigte. Diese Beziehung, die allmählich eine sehr enge wurde, scheint für CH. CHEVALIER's Ausbildung recht wichtig geworden zu sein. Sehr bald, 1821, bewog er seinen Vater, auch Feinmechanik zu der bis dahin allein betriebenen Optik hinzuzunehmen, und es lässt sich denken, dass er in der langen Zeit seiner Abhängigkeit von seinem anscheinend minder beanlagten Vater für diesen von grossem Nutzen gewesen ist.

Die französische Landschaftslinse.

Sein Antheil an den ersten photographischen Einzelobjektiven wird sich nicht mehr feststellen lassen. Ueber die Einzelheiten der Konstruktion sind wir nur ungenau unterrichtet; wir wissen nichts weiter, als dass darin eine bikonkave Flintlinse mit einer bikonvexen Crownlinse verkittet war. Die Flintlinse war die vordere und kehrte ihre schwächer gekrümmte Fläche der Vorderblende zu. Für die sphärische Korrektion ist diese Form, die wir *die französische Landschaftslinse* nennen wollen, nicht günstig. Was die Achromatisirung angeht, so war dieselbe, wie das aus dem Stande der damaligen Kenntnisse hinsichtlich der aktinischen Wirksamkeit zu erklären ist, jedenfalls für den optisch bedeutsamen Theil des Spektrums durchgeführt. Das CHEVALIER'sche Objektiv, wie es von L. DAGUERRE nach dessen eigenen Mittheilungen angewandt wurde,

hatte einen Linsendurchmesser von 81 mm, f = 380 mm und ein 27 mm weites, 68 mm vor der Linse angebrachtes Diaphragma, arbeitete also mit einer relativen Oeffnung von 1 : 14.

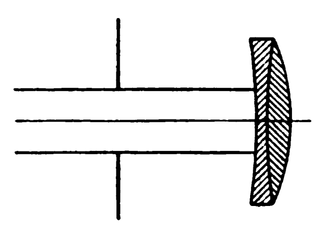


Fig. 54, s. Taf. IV.
Französische Landschaftslinse
(nach É. FRANÇAIS).
Quelle: J. M. EDER *1.57*.
Reducirt auf $f_D = 100$ mm.
Durchgerechnet für 1 : 12 . 1 und $\omega = 27^1/_2{}^\circ$.
Radien r_ν, Dicken d_ν und Entfernung b_1 in Millimetern auf der Axe gemessen.

b_1[1]) = *18.1*
$r_1 = 80.3$
d_1[2]) = *1.3*
$r_2 = 77.2$
d_2[2]) = *3.1*
$r_3 = 28.0$
Glasarten n_D[3])
L_1 = *1.613*
L_2 = *1.516*.

[1]) In Rücksicht auf das Gesichtsfeld hier etwas verringert.
[2]) Aus der Figur entnommen.
[3]) Nach der Angabe des specifischen Gewichts ungefähr geschätzt.

Als Repräsentanten dieser Form kann man indessen wohl die von É. FRANÇAIS ausgeführte Einzellinse ansehen, deren Gläser nach den Angaben des specifischen Gewichts aus der Reihe der alten Silikatgläser ausgewählt wurden. Das nebenstehende Objektiv zeigt hinsichtlich der äusseren Maasse eine gute Uebereinstimmung mit den entsprechend reducirten Angaben über das CHEVALIER'sche, und bei der Einfachheit der Konstruktion wird man die Rechnungsresultate jenes auch für dieses als typisch ansehen können.

Es betrug danach die sphärische Längsaberration für 1 : 14 etwa — 1,9 mm; der Korrektionszustand der schiefen Büschel war infolge des starken Astigmatismus — bei 25 Grad Hauptstrahlneigung betrug die astigmatische Differenz über 10 mm — kein günstiger. Das Gesichtsfeld war infolge des verhältnissmässig grossen Blendenabstandes nur ein kleines.

Neuerungen am photographischen Apparat.

Das ganz ungemein grosse Interesse, das dem Verfahren L. DAGUERRE's nach der Veröffentlichung vor der Pariser Akademie der Wissenschaften durch D. F. J. ARAGO's Vortrag allgemein entgegengebracht wurde, äusserte sich auch in einer Reihe von Verbesserungen, die an dem Objektiv und an anderen Theilen des DAGUERRE'schen Apparats angebracht wurden, so wie in neuen Anwendungen des Verfahrens.

So schlug das freie Mitglied der Akademie der Wissenschaften, ARMAND PIERRE DE SÉGUIER [* 3. Juli 1803, † 14. Febr. 1876] (P.) schon 1839 (*1.*) eine Camera mit Lederbalgen vor und modificirte den ganzen Apparat im Jahre darauf (*2.*) so, dass er sich bequem transportiren und für Landschaftsaufnahmen verwenden liess; zu diesem Zwecke wurde der Raum unter dem Dreifuss in ein Dunkelzelt ver-

wandelt. Eine von V. CHEVALIER schon benutzte Idee nahm .. CAUCHE auf, indem er ein von sphärischen Flächen begrenztes, aber achromatisches Umkehrprisma an die Stelle des Objektivs mit Spiegel treten liess, doch wird man in der Annahme nicht fehlgehen, dass die Herstellung einer solchen Konstruktion für die damalige Optik keine leicht zu bewältigende Aufgabe war, wie das auch CH. CHEVALIER (*4. 32.*) andeutete. Es lag nahe, das von einem Mikroskopobjektiv entworfene reelle Bild photographisch zu fixiren, und thatsächlich wurde dieser erste Anfang zur Mikrophotographie schon im Jahre 1840 von dem Pariser Arzte ALFRED DONNÉ gemacht; allerdings wurde ihm die Priorität von .. LEFEBVRE — A. PERCHERON bestritten, wie es scheint aber ohne zureichenden Grund.

CH. CHEVALIER's *Objectif à verres combinés.*

Von sehr viel grösserer Bedeutung als die letztaufgeführten Vorschläge werden die Arbeiten CH. CHEVALIER's an der Verbesserung seines Objektives. Dasselbe hatte für die damaligen langsamen Verfahren eine gar zu geringe Lichtstärke, was namentlich bei der Aufnahme von Portraits unangenehm bemerkt wurde; musste man doch Sonnenlicht auf die zu photographirende Person fallen lassen, um nur einigermassen die Expositionsdauer abzukürzen. In klarer Erkenntniss dieses Mangels hatte die durch A. P. DE SÉGUIER gut unterrichtete *Société d'encouragement* im Frühjahr 1840 einen Preis auf diejenige Verbesserung ausgeschrieben, welche es ermöglichte, die Aufnahmedauer wesentlich abzukürzen; der Abschlusstermin für die Bewerbungen war auf Ende December 1840 festgesetzt.

CH. CHEVALIER war schon seit längerer Zeit mit ähnlichen Problemen beschäftigt und beschloss, sich an dieser Bewerbung zu betheiligen.

Schon im Anfang der 30er Jahre hatte er bei der Konstruktion eines Fernrohrobjektivs aus zwei Einzelsystemen den Vortheil kennen gelernt, den eine derartige Kombination hinsichtlich des Oeffnungsverhältnisses und der allgemeinen Fehlerkorrektion dem Einzelobjektiv gegenüber aufweist, und er wendete mit gewissen Modifikationen ein solches Doppelobjektiv auch für photographische Zwecke an. Er hatte dabei den sehr fruchtbaren Gedanken, durch Kombination zweier Vorderlinsen mit der gleichen Hinterlinse zwei verschiedene Brennweiten zur Verfügung zu stellen und ausserdem auch noch die Hinterlinse allein als Landschaftsobjektiv der Benutzung zugänglich zu lassen. CH. CHEVALIER ist also als derjenige anzusehen, der zuerst die *Satz*idee, freilich in roher Form, in die photographische Optik einführte.

Sein Objektivsatz wurde in zwei Grössen (*4. 34, 127; 5. I. 34.*) geliefert, von denen die eine 3, die andere nur 2 Linsen besass. Besass die Kamera genügende Auszugslänge, so konnte bei beiden Grössen die Hinterlinse allein, welche im wesentlichen seine alte Landschaftslinse war, in der richtigen Stellung — konkave Seite nach dem Objekte und der Blende — verwandt werden. Wollte man Landschaften mit kürzerer Brennweite aufnehmen, so schraubte man noch eine achromatische Bikonvexlinse davor und erhielt dadurch ein lichtstärkeres System mit kürzerer Brennweite; bei dem grösseren Satz war der Benutzer durch Anbringung einer ausserdem noch beigegebenen achromatischen Bikonvexlinse an Stelle der vorher erwähnten im Stande, ein zweites Doppelobjektiv mit anderer Brennweite und anderem Oeffnungsverhältniss speciell für Portraits herzustellen.

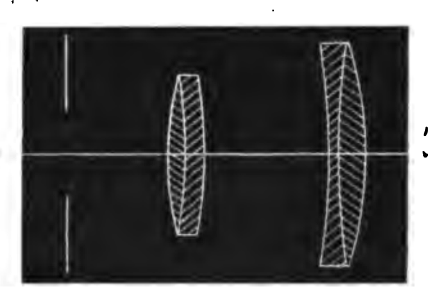


Fig. 55.
CH. CHEVALIER: Schema für das *objectif à verres combinés*.
Doppelkombination für Landschaften, zugleich Muster für den kleineren Satz.
Quelle: CH. CHEVALIER *4.* Fig. 11.
(Konstruktionsdaten unbekannt.)

Mithin bot der grössere, aus drei Einzellinsen bestehende Satz drei verschiedene Brennweiten, nämlich die der Hinterlinse und die zwei der Kombinationen aus eben dieser Hinterlinse mit je einer der beiden Vorderlinsen. Der kleinere Satz aus zwei Einzellinsen stellte nur zwei Brennweiten zur Verfügung, und zwar die der Hinterlinse und die der Kombination, immer vorausgesetzt, dass der Kameraauszug die Benutzung der Einzellinse gestattete.

Späterhin werden (*5. I. 33.*) auch grössere Sätze mit verschiedenen Hinterlinsen, einfachen Landschaftslinsen, geliefert und ausserdem eine Reihe von Vorderlinsen beigegeben, die man aber nicht für sich allein verwenden konnte; in der Regel ist es aber wohl bei den zwei- oder dreilinsigen Sätzen geblieben. Auf die Vortheile der allgemeinen Verwendungsfähigkeit des Satzes hat CH. CHEVALIER an gleicher Stelle nachdrücklich aufmerksam gemacht.

Der Blendenfleck, der bei den zu Landschaftsaufnahmen verwendeten PETZVAL'schen Portraitobjektiven bemerkt wurde, kam auch bei CH. CHEVALIER's Doppelobjektiv vor, und er erklärt ihn (*5. I. 35*) hauptsächlich durch falsches, von den Innenwänden der Kamera reflektirtes Seitenlicht. Als Abhilfe schlug er vor, ent-

weder im Innern der Kamera eine viereckig ausgeschnittene Blende anzubringen, oder vor das Objektiv einen langen, innen geschwärzten Trichter zu setzen.

Was die Materialien angeht, so verwandte er seit 1854 (*5. I. 27.*) Zinkcrown aus der Fabrik von .. MAËS unter dem Namen *cristal français*, ausserdem (*6.*) Glas aus der schweizerischen Fabrik von THÉODORE DAGUET.

Die Umkehrsysteme und die Irisblende.

Alle seine Objektive waren mit Vorderblende versehen, und ferner wurde ein Umkehrsystem konstruirt, das man bei dem DAGUERRE'schen Verfahren nicht entbehren konnte. Dasselbe bestand entweder aus einem Planspiegel mit versilberter Hinterfläche oder aus einem Prisma. Dieses wurde zunächst als totalreflektirendes verwandt und wies dem Spiegel gegenüber die bekannten Vorzüge auf. Der Uebelstand, dass die mit der Wellenlänge variirende Grenze der Totalreflexion (S. 70) Farbenerscheinungen in das Bild brachte, wurde 1841 durch CH. CHEVALIER (*3.*) in der Weise beseitigt, dass er die Hypotenusenfläche versilberte und damit in den Besitz eines Reversionsprismas kam, wie es noch heutzutage für Reproduktionszwecke in Anwendung kommt.

Seinen Objektiven gab er nach Wunsch entweder einen unter 45^0 geneigten Spiegel oder ein Umkehrprisma mit versilberter Hypotenusenfläche mit.

Der grössere seiner beiden Sätze war mit einer Irisblende, *pupille artificielle*, versehen, die hier zum ersten Male in den Handel gebracht wird. Vorher ist sie, wie man aus dem Artikel von FR. B. JOHNSTON entnehmen kann, von N. NIEPCE für seine Privatkamera benutzt worden.

Die optische Leistung des CHEVALIER'schen Objektivs

Was nun die optische Leistung seines Doppel-Objektivs angeht, so zeigte dasselbe verminderte sphärische Aberration und erlaubte demgemäss die Benutzung einer grösseren relativen Oeffnung als die *französische Landschaftslinse*. Genauere Angaben darüber waren mir bis jetzt nicht zugänglich, so dass über den Korrektionszustand zahlenmässige Aussagen überhaupt nicht gemacht werden können.

Hinsichtlich der Achromasie der ersten Objektive ist an der Ansicht festzuhalten, dass dieselbe wie bei den übrigen Instrumenten der damaligen Zeit für den optisch wirksamen Theil des Spektrums herbeigeführt war. Ich möchte das als ganz bestimmt hinstellen auf Grund von CH. CHEVALIER's (*4. 21.*) Aussagen, wo er bezüglich der chromatischen Korrektion auf sein „*Traité du Microscope*“ verweist. An dieser Stelle ist aber nur von optischer Achromasie die Rede. Es stimmt das mit unserer Kenntniss von dem Stande der

wissenschaftlichen Photographie jener Zeit sehr gut überein, da die Aufmerksamkeit auf den chemischen Fokus achromatischer Objektive erst 1844 in grösserem Maasse gelenkt wurde. Wir müssen also CH. CHEVALIER's (*4. 107.*) gelegentliche Aeusserung, seine Objektive besässen keinen chemischen Fokus, für die erste Zeit nach der Erfindung der Daguerreotypie wohl mit der durch die geringere Oeffnung bedingten, grösseren Unempfindlichkeit erklären, die seinem Objektive denen J. PETZVAL's gegenüber hinsichtlich der Fokusdifferenz eigen war.

Die Objektive CH. CHEVALIER's und J. PETZVAL's vor der *Société d'encouragement.*

Dieses soeben beschriebene Objektiv reichte er am 1. Dec. 1840 der *Société d'encouragement* mit einer Bewerbung um den Preis ein, da ja der Termin bald ablief.

Lange bevor die Entscheidung getroffen werden konnte, nämlich schon am 1. März 1841 langten die ersten mit dem PETZVAL-schen Portraitobjektive gemachten Aufnahmen in Paris an, und 14 Tage später auch die erste Kamera. CH. CHEVALIER scheint dieselbe zunächst für eine einfache Nachahmung gehalten zu haben und äusserte sich erst etwa ein halbes Jahr darauf (*3.*) vor der Pariser Akademie der Wissenschaften ganz deutlich in diesem Sinne, wobei er nicht verfehlte, auf den inneren Zusammenhang aufmerksam zu machen, der durch A. VON ETTINGSHAUSEN's Besuch seiner Werkstätte zwischen seiner und J. PETZVAL's Konstruktion mindestens wahrscheinlich gemacht sei. Auch nach der sehr scharfen Entgegnung J. REINDL's blieb er bei seiner Ansicht und schlug bei seiner Erwiderung einen womöglich noch schärferen und einen noch lebhafteren Chauvinismus zeigenden Ton an.

Diese Erwiderung CH. CHEVALIER's (*4. 109—117.*) führt den Titel *„Réponse à l'article publié par M. Reindl dans le Polytechnisches Journal"*. Der persönlich gereizte Ton, der aus diesen Zeilen spricht, ist ja den meisten Prioritätsreklamationen eigen, zumal wenn sie wie diese hier zwischen Angehörigen verschiedener Nationen erhoben werden. Die meisten von ihm angeführten Punkte sind daher auch nicht zu wiederholen; den Einwand, sein Objektiv liefere ein gleichmässiger belichtetes Feld, wird man vielleicht gelten lassen können.

Inzwischen wurde der PETZVAL'sche Apparat ebenfalls der *Société d'encouragement* zur Berücksichtigung bei der Preisvertheilung vorgelegt, trotzdem der Termin der Einreichung schon vorüber war. Das Urtheil der Kommission wurde 1842 als ein Bericht A. P. DE SÉGUIER's (*3.*) verkürzt veröffentlicht, und zwar erkannte dieselbe den höheren Preis, die Platinmedaille, CH. CHEVALIER zu, da dessen Objektiv infolge

seiner veränderlichen Brennweite es gestatte, die Figurengrösse dem Plattenformate anzupassen. FR. VOIGTLÄNDER erhielt für die Ausführung der von J. PETZVAL berechneten Krümmungen die silberne Medaille. Thatsächlich war es also die Satzidee, welche CH. CHEVALIER zu seinem Siege verhalf, und in diesem Sinne, dass der Satz dem Ideale eines Universalobjektives näher kommt als ein noch so vollkommenes Einzelobjektiv, kann man auch das Urtheil des Preisgerichts begründet finden, wenngleich, soweit wir es heute beurtheilen können, die eigentliche Aufgabe durch J. PETZVAL in ungleich vollkommenerer Weise gelöst war als von CH. CHEVALIER. Leider scheint der ausführliche Bericht A. P. DE SÉGUIER's nicht in dem *Bulletin* abgedruckt worden zu sein, so dass wir aus dem kurzen, nur die Entscheidungen selbst enthaltenden Auszuge nicht mehr entnehmen können, ob nicht etwa auch die verspätete Einsendung des Wiener Apparates diese Entscheidung herbeiführen musste.

Was die von mir vertretene Ansicht über CH. CHEVALIER's Satz angeht, so weicht dieselbe von anderen Darstellungen ab, wo man CH. CHEVALIER mit J. PETZVAL darum streiten lässt, welcher von beiden zuerst ein Doppelobjektiv konstruirt habe. Kann nun bei dieser Fragestellung von einer Priorität J. PETZVAL's schon von vornherein keine Rede sein — A. VON ETTINGSHAUSEN hatte CH. CHEVALIER's Versuche mit Doppelobjektiven mit angesehen —, so scheint mir auch CH. CHEVALIER, der gewiss ein einsichtsvoller und unterrichteter Vertreter der tatonnirenden Optik war, mit einer solchen Annahme entschieden Unrecht zugefügt zu werden. Der blosse Gedanke, ein Doppelobjektiv zur Vermehrung der Lichtstärke zu konstruiren, lag so nahe, dass ein der Optik ganz ferne Stehender, wie J. W. DRAPER (*2.*), schon sehr früh in 1840 ihn verwirklichte, mithin CH. CHEVALIER mit diesem in einen Prioritätsstreit eintreten müsste. Man wird meiner festen Ueberzeugung nach die Stellung des französischen Optikers nur dann richtig auffassen, wenn man ihm den Ruhm rückhaltlos zuerkennt, eine sehr fruchtbare Idee, die des Satzes, in die photographische Optik eingeführt zu haben.

Das allmähliche Vordringen des PETZVAL'schen Portraitobjektivs in Frankreich.

Mit dem PETZVAL'schen Portraitobjektive war für die regelmässige Aufnahme von Portraits eine Konstruktion auf den Markt gelangt, welche langsam aber sicher alle anderen Typen verdrängen musste und auch thatsächlich verdrängte. Unter diesen war auch CH. CHEVALIER's *objectif à verres combinés à foyer variable.* Die Verfolgung des allmählichen Verdrängungsprocesses, dem diese Form unterlag, ist darum nicht einfach, weil derselbe zu einem grossen

Theil in die Zeit fällt, in der Fachzeitschriften noch nicht bestanden.

CH. CHEVALIER's Standpunkt der Neuerung gegenüber ist gewiss nicht einwandsfrei, aber immerhin doch haltbar: Er selbst (*5. I. 37.*) empfahl für Portraitaufnahmen die Verwendung langer Brennweiten, und es war ferner sein *objectif à verres combinés à foyer variable* sicher lichtschwächer, denn es arbeitete nach seiner eigenen Schilderung langsamer und besass grosse Tiefe; ausserdem war es ihm auch gelungen, aktinische Achromasie herbeizuführen und gleichmässigere Lichtvertheilung auf der Platte zu erzielen. Das ist etwa der Grund und Boden, von dem aus er seine Angriffe auf das PETZVAL'sche Portraitobjektiv machte; allerdings beachtete er dabei nicht, dass die öfters unangenehme Perspektive nicht am Typus, sondern an unzweckmässiger Auswahl der Brennweite lag, und dass auf Tiefenschärfe nothwendig verzichtet werden muss, will man grössere Lichtstärke zur Verfügung haben. Die ungleichmässige Lichtvertheilung, auf die er hinwies, ist ein Uebelstand, den man bei Portraitaufnahmen noch in den Kauf nehmen kann, dagegen ist sein gegen FR. VOIGTLÄNDER hauptsächlich gerichteter Vorwurf des chemischen Fokus völlig begründet.

Ganz auf den Standpunkt CH. CHEVALIER's stand auch ED. DE VALICOURT, sowohl in seinem an CH. CHEVALIER gerichteten und von diesem (*5. III. 36.*) veröffentlichten Schreiben, als auch in seinem Lehrbuch. Erstere, aus dem Jahre 1846 stammende Quelle giebt uns einen interessanten Aufschluss darüber, in welchem Maasse damals PETZVAL'sche Portraitobjektive in Frankreich verlangt wurden. Die französischen Optiker kamen dieser Anfrage entweder durch Nachahmung der Urform nach, wobei sie allerdings nach A. P. DE SÉGUIER's Zeugniss (*4.*) in der Regel keine gleichwerthige Waare erzeugten, oder sie stellten CH. CHEVALIER's Doppelobjektiv her und gaben es unter dem Namen des deutschen Objektivs ab.

Andere Verfasser von Lehrbüchern, wie J. THIERRY 1847 empfehlen die deutschen Objektive, während . . MAYER & . . PIERSON 1862 zwar die CHEVALIER'schen Doppelobjektive vorziehen, aber doch die Orthoskope anerkennen. Bei der Benutzung der Lehrbücherlitteratur muss man indessen sehr vorsichtig verfahren, denn es war unter den französischen Optikern üblich geworden, photographische Leitfäden im eignen Verlage herauszugeben, in denen dann die Verfasser die Objektive der Verleger empfahlen; als Beleg für diese Behauptung mögen die Schriften von A. DE BREBISSON und von . . AUBRÉE dienen.

Dass A. Claudet 1849 (*3.*) Ch. Chevalier nicht neben N. P. Lerebours erwähnt, scheint auf eine gewisse Animosität zwischen diesen beiden Franzosen zurückzuführen zu sein, dagegen kann man wohl aus dem Umstande, dass D. van Monckhoven, der Ch. Chevalier's Arbeiten vom Anfange der 40er Jahre erwähnt, das Chevalier'sche *objectif à verres combinés à foyer variable* gar nicht mehr in die Besprechung der im Gebrauch befindlichen Objektive aufnimmt, schliessen, dass 1866 diese Objektive schon so gut wie vergessen waren.

Am wahrscheinlichsten ist wohl die Annahme, dass dieser Typus, der sich zunächst sehr günstig einführte — Ch. Chevalier lieferte Exemplare an F. Talbot und L. Daguerre — allmählich mehr und mehr zurückgedrängt wurde, sich aber doch noch durch die einflussreiche und angesehene Persönlichkeit seines Erfinders hielt, zumal derselbe bemüht war, mit grösster Gewissenhaftigkeit zu fabriciren. Als dieser starb, nahte auch für sein Objektiv die Todesstunde, und ich fasse die überaus gereizten und in ihrer Allgemeinheit ungerechten Plagiatsbeschuldigungen Arthur Chevalier's (*60.*) auf als den Ausdruck eines menschlich sehr verständlichen Gefühls bei der Niederlage der Idee seines Vaters gegenüber der des gänzlich unbekannten und unbegriffenen J. Petzval.

Die Lecchi'sche Spiegel-Kamera.

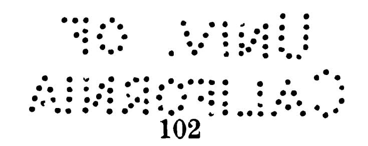
Hiermit wäre eigentlich die für diesen Abschnitt vorgesehene Aufgabe erledigt, es bleibt uns nur noch übrig, einen — nebenbei ganz unglücklichen und nicht einmal originellen — Versuch anzuführen, der von . . Lecchi im Jahre 1844 gemacht wurde, das photographische Objektiv durch einen Spiegel zu ersetzen. Wir werden Gelegenheit haben, auf den auch von der Lecchi'schen Anordnung getheilten Misserfolg zu sprechen zu kommen, der ihre Vorgängerinnen amerikanisch-englischer Herkunft (A. J. Wolcott, R. Hodgson) bereits erreicht hatte.

2. Die Zeit bis zur Einführung des Steinheil'schen Aplanaten.

a. Die Entwicklung der Ansichten über die chromatische Korrektion der Photographenobjektive.

Die Fokusdifferenz der alten Objektive.

Wir hatten schon im ersten Abschnitte gesehen, dass die ersten Daguerre'schen Apparate mit optisch achromatisirten Linsen ausgestattet waren, so dass man annehmen kann, schon vor der Veröffentlichung des photographischen Verfahrens sei der Nachtheil



der einfachen Linsen hinsichtlich der bedeutenden Farbenfehler erkannt und zum Theil beseitigt worden. Mehr als diese Erkenntniss vermittelte auch J. TOWSON's Veröffentlichung nicht, und da auch die ersten VOIGTLÄNDER'schen Objektive hinsichtlich der Farbenkorrektion mit den ersten CH. CHEVALIER's auf gleicher Stufe standen, so verfügten die damaligen Photographen überhaupt über keine Objektive ohne Fokusdifferenz. Bei den kleinen Brennweiten nun, die meistens zum Portraitiren verwandt wurden, fiel die durch die optische Korrektion immerhin verminderte Fokusdifferenz nicht besonders auf, und obwohl dieselbe schon 1840 von AN. MARTIN in Wien bemerkt und 1842 von J. REINDL veröffentlicht wurde, so scheint ihr doch das Interesse der photographischen Praktiker nicht gefolgt zu sein. Erst verhältnissmässig spät (1844) fasste A. CLAUDET (*1.*) seine Erfahrungen in einen Bericht zusammen, den er sowohl der *Royal Society* als auch der französischen Akademie der Wissenschaften überreichte.

A. F. J. CLAUDET.

ANTOINE FRANÇOIS JEAN CLAUDET [* 16. Juli 1797, † 27. Dec. 1867] (P., *6.*), war nach einer kurzen Thätigkeit in dem Bankgeschäfte seines Onkels Direktor der Glasfabrik in *Choisy-le-Roi* geworden und um 1834 infolge geschäftlicher Beziehungen nach England übergesiedelt. Dort hatte er unmittelbar nach Veröffentlichung des DAGUERRE'schen Verfahrens eine Ausführungslicenz für England erworben und war als praktischer Photograph in London thätig. Seine Beziehungen zu den photographisch interessirten Kreisen beider Nationen machen ihn für uns wichtiger, als es seine wissenschaftliche Bedeutung wohl verdient. Es scheint nicht, dass er Kenntnisse in der praktischen Optik besass, er stand aber in Beziehung zu nicht unbedeutenden Vertretern der französischen Optik wie N. P. LEREBOURS und ist daher für die Fortentwickelung der photographischen Optik nicht ohne Bedeutung.

A. CLAUDET (*1.*) fasste also, wie schon gesagt, seine Erfahrungen bezüglich des chemischen Fokus zusammen; dieselben enthielten die Beobachtung, dass in einfachen Linsen die Brennweite für aktinisch wirksames Licht kürzer sei, als für die optischen Strahlen, während bei den achromatisirten Objektiven fast stets das Gegentheil stattfände. Je nach der Objektdistanz variire die Entfernung zwischen den von den optischen und den aktinischen Strahlen entworfenen Bildern, ausserdem sei aber diese Abstandsdifferenz verschieden je nach der Intensität des Lichts. Zur Vermeidung falscher Einstellung empfahl er die Anwendung einer empirisch getheilten Skala.

Aufhebung der Fokusdifferenz durch N.P. LEREBOURS.

Diesem von A. CLAUDET in so bestimmter Weise vorgeführten Mangel versuchte als erster der Pariser Optiker NICOLAS MARIE PAYMAL LEREBOURS [* 15. Febr. 1807, † 24. Juli 1873] abzuhelfen, der,

wie mehrere französische Optiker jener Zeit, ausserdem auch noch die Portraitphotographie praktisch betrieb. Er konstruirte 1846 (*1.*) auf der Grundlage des Tatonnements Objektive ohne Fokusdifferenz, fand aber dabei das eigenthümliche Ergebniss, dass die mit solchen Objektiven hergestellten Bilder an Schärfe zu wünschen übrig liessen, wenn man weisses Licht verwende, während blaues Licht allein befriedigendere Resultate gäbe. Sein Erklärungsversuch, die Strahlen grösserer Wellenlänge verzögerten die Wirkung kurzwelligen Lichtes, gab Anlass zu einer erregten wissenschaftlichen Fehde, die allerdings nicht sehr klärend auf die Ansichten einwirken sollte.

Der Streit zwischen Ed. Becquerel und L. Foucault u. H. Fizeau über die aktinische Wirkung verschiedenfarbigen Lichts.

Schon vor einigen Jahren, 1841, hatte der junge Ed. Becquerel eine grössere Arbeit über die chemische Wirkung des Lichts veröffentlicht und war dabei zu dem Resultat gekommen, dass die langwelligen Strahlen zwar nicht im Stande seien, eine aktinische Wirkung einzuleiten, dagegen sehr wohl eine solche fortzusetzen vermöchten, wenn sie von anderen Strahlen einmal begonnen sei; er benannte daher die Strahlen des blauen Endes *excitateurs (et continuateurs),* die des rothen *continuateurs.* Schon bei Gelegenheit der ersten Veröffentlichung hatte J. B. Biot, der zu der berichterstattenden Kommission gehörte, die später von H. W. Vogel erwiesene Vermuthung ausgesprochen, dass das belichtete Papier, auf welches die *rayons continuateurs* fortsetzend wirkten, vielleicht gerade durch die Belichtung modificirt und für Strahlen empfindlich würde, die vor der Belichtung keinerlei Eindruck machten. Die Becquerel'sche Theorie hatte zu jener Zeit unter den französischen Optikern Aufsehen gemacht, und .. Buron, .. Gaudin und N. P. Lerebours zu Vorbelichtungsversuchen angeregt, die ihre Zufriedenheit erhielten. Die oben erwähnte Publikation des letzteren mit seinem Erklärungsversuche, demzufolge die rothen Strahlen eine negative Wirkung besitzen sollten, veranlassten eine Prioritätsreklamation von Seiten L. Foucault's und H. Fizeaus's, die schon zwei Jahre früher, 1844, eine solche Ed. Becquerel bekämpfende Ansicht sich gebildet hatten, nach der die rothen Strahlen eine neutralisirende Wirkung haben sollten.

Diese Angelegenheit erregte ziemliches Aufsehen, und die französischen Photographen, besonders A. Claudet (*2.*) und auch N. P. Lerebours theilten ihre Ansichten mit, ohne dass jedoch die Frage ganz geklärt wurde; sie hatte wohl die Wirkung, die Beobachtung Einzelner zu schärfen, im grossen und ganzen finden wir aber noch gar keine klare Ansicht über die wirkliche Natur der hier vorliegenden Verhältnisse, ja man kann sich sogar der

Ueberzeugung nicht verschliessen, dass die unrichtigen Vorstellungen über die Natur des verschiedenfarbigen Lichtes auch auf die Optiker zurückwirkten.

Die BECQUEREL'schen Ansichten erregten in der Zeit der 40er Jahre in photographischen Kreisen erhebliches Aufsehen. Eine genaue Darstellung der Vorgänge würde uns aber von unserem eigentlichen Thema zu weit fortführen. Eine ziemlich eingehende Schilderung findet sich in dem damals auf der Höhe stehenden Organ der physikalischen Gesellschaft in Berlin, den *Fortschritten der Physik*, von G. KARSTEN, aus der*) auch die einschlägige Litteratur leicht zu entnehmen ist.

Was die von J. B. BIOT ausgesprochene Vermuthung angeht, so wurde sie 32 Jahre später durch H. W. VOGEL (*1.*) bestätigt, indem derselbe nachwies, dass Chlorsilber zu violettem Silberchlorür reducirt werde, welches fast für Strahlen jeder Wellenlänge empfindlich ist.

Das Ross-CLAUDET'sche Focimeter.

Auch über die Natur des sekundären Spektrums, wie es bei der für photographische Zwecke wünschenswerthen Achromatisirung entsteht, war um diese Zeit in Frankreich niemand im Klaren, so dass es für den praktischen Photographen eine unbedingte Nothwendigkeit war, durch ein bequemes Mittel sich vergewissern zu können, ob in seinem Instrumente die optischen Bilder mit den aktinischen zusammenfielen, und wenn nicht, welches die Differenz ihrer Abstände war. So ist es denn nicht verwunderlich, dass dem praktischen Photographen A. CLAUDET (*3. 4.*) die Publikation des ersten möglicherweise auf A. ROSS zurückzuführenden Fokusmessers zuzuschreiben ist. Derselbe erscheint (1849) gleich in der Form, in der er sich bis heute erhalten hat, nämlich als ein Stab, auf dem Flügel mit Schriftproben spiralig angeordnet sind. Die Anwendung dieses Instruments ist nun eine so bequeme, dass A. CLAUDET sich dadurch bewegen liess, Objektive mit Fokusdifferenz noch mehr zu empfehlen als aktinisch korrigirte. Man muss sich aber zur richtigen Würdigung dieser eigenthümlichen Ansicht gegenwärtig halten, dass die damals besten Objektive VOIGTLÄNDER'scher Herkunft waren und eine photographische Farbenkorrektion noch nicht zeigten. Deswegen konnte also A. CLAUDET unschwer dazu gelangen, die auf die bessere Ausführung und Korrektion der sphärischen Aberrationen zurückzuführende Ueberlegenheit derselben vielmehr dem Umstande zuzuschreiben, dass in ihnen die lang-

---

*) Fortschr. d. Phys. 1848 und 1850/51.

welligen Strahlen wegen der Fokusdifferenz am Orte des aktinischen Bildes nur ein schon sehr unscharfes optisches Bild hervorbrächten, welches mithin nur wenig die Wirkung der aktinischen Strahlen aufheben könnte.

Die Entdeckung der Einstellungsverschiedenheit desselben Objektivs bei der Daguerreotypie und beim Kollodiumverfahren.

Die optische Anstalt von N. P. LEREBOURS (2.), welcher sich inzwischen mit dem Ingenieuroffizier MARC FRANÇOIS LOUIS SECRETAN [* 1804, † 28. Juni 1867] associirt hatte, fuhr fort, ihre aktinisch korrigirten Objektive herzustellen und liess dieselben nur nach einer Prüfung herausgehen, die in einer Aufnahme des ROSS-CLAUDET'schen Focimeters bestand und mithin geeignet war, auf das Zusammenfallen der optischen und chemischen Bildweite einen Schluss zu ziehen. Bei einer solchen Gelegenheit entdeckte einer ihrer Angestellten, CH. COUTURES, 1854 die Thatsache, dass ein für das DAGUERRE'sche Verfahren von Fokusdifferenz freies Objektiv diesen Fehler zeigte, sobald man zu der Aufnahme eine Kollodiumemulsion verwandte. Ob dieser Umstand, der durch die verschiedenartige Lage der Empfindlichkeitsmaxima herbeigeführt war, dazu diente, eine Klärung der Ansicht über das sekundäre Spektrum herbeizuführen, ist nicht ersichtlich, doch wird man es kaum annehmen können, da andernfalls in der betreffenden Veröffentlichung sich irgend ein Hinweis darauf finden würde. Dort erscheint nur eine Mittheilung des SECRETAN'schen Verfahrens zur Hebung dieses Uebelstandes. Dasselbe bestand kurz darin, dass man zur Vergrösserung des Bildabstandes für die optische Einstellung eine planparallele Glasplatte vor die Mattscheibe brachte und dieselbe für die photographische Aufnahme zugleich mit der Mattscheibe entfernte.

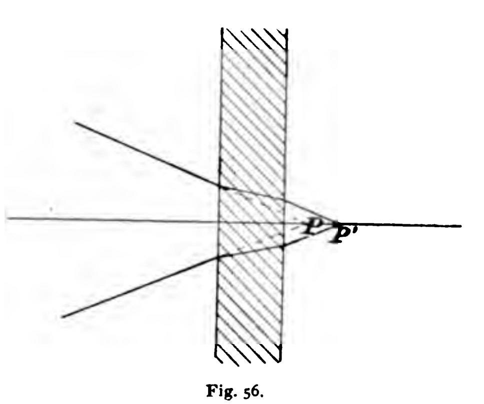


Fig. 56.
Vergrösserung des Bildabstandes für die optische Einstellung um PP' durch Einschaltung einer planparallelen Glasplatte.

b. Die französischen Theoretiker.

Die französische Optik ohne Fühlung mit der Wissenschaft.

Schon aus dem Vorhergehenden ging unzweifelhaft die Ueberlegenheit CH. CHEVALIER's über seine Berufsgenossen in Frankreich auf theoretischem und auch wohl geschäftlichem Gebiete hervor,

wenngleich er in seinen Methoden über das Tatonnement nicht hinausgekommen zu sein scheint. Auf gleichem Standpunkt hat auch wohl der Optiker .. BURON gestanden, von dem direkt mir nur bekannt ist, dass er sich an den Vorbelichtungsversuchen auf Grund der BECQUEREL'schen Theorie betheiligte. Nach einer 15 Jahre später abgegebenen Aeusserung DEROGY-WALLET's soll er auf rechnerischem Wege Stellung und Durchmesser des Diaphragmas in einem Doppelobjektiv mit Rücksicht auf Linsendurchmesser und Brennweite der Einzellinsen festgesetzt haben.

Ziemlich gleichzeitig*) ist die auch von CH. FABRE citirte Bemerkung, dass er auf ... FORTIER's Rath 1840 die Blende zwischen die Linsen gesetzt habe. Es ist also möglich, dass er etwa zur Aufstellung der später zu besprechenden Theorie von F. SCOTT ARCHER und G. SHADBOLT gekommen ist; doch ist mir darüber nichts von ihm Publicirtes bekannt geworden.

Auf rein wissenschaftlichem Gebiete sollte aber um diese Zeit Frankreich die Führung übernehmen, und zwar gaben dazu den Anstoss die grundlegenden Arbeiten JEAN BAPTISTE STURM's, der, durch physiologische Untersuchungen über die Gesichtswahrnehmungen angeregt, im Jahre 1845 eine elegante Darstellung von der astigmatischen Deformation eines engen Büschels gab.

Zweimal war auch in anderen Ländern auf diese Vorgänge hingewiesen worden, nämlich 1827 von G. B. AIRY und dann 1843 von J. PETZVAL, aber nur in England hatte sich diese Kenntniss wenigstens für die Theoretiker am Leben erhalten, in Deutschland war die erwähnte Bemerkung ganz ohne Beachtung geblieben. Die hier von J. STURM gegebene Anregung wurde von den Optikern nicht aufgenommen, da sie über deren Verständniss weit hinausging, und erst 10 Jahre später sollte sich der Mann finden, welcher sie direkt für die Theorie der photographischen Objektive verwandte.

P. BRETON (DE CHAMP).

Das war PAUL ÉMILE BRETON (DE CHAMP) [* 21. April 1814 † Sept. 1885] (P.). Er wurde am 21. April 1814 zu Champ bei Vizilles, Isère, geboren, studirte von 1834—36 auf der *École polytechnique,* wurde Ingenieur, 1863 *Ingénieur-en-chef des ponts et chaussées,* seitdem *Directeur-adjoint du dépôt des cartes et plans* im Handels- und Ackerbauministerium und starb im September 1885 zu Paris.

Interesse für die Probleme der photographischen Optik scheint er erst vom Jahre 1854 an gezeigt zu haben; späterhin finden wir

*) B. S. F. 1857. 3. 238.

ihn aber auch mit Arbeiten auf dem Gebiete der Okulare beschäftigt. Sein Publikationsorgan sind die *Comptes Rendus* der französischen Akademie der Wissenschaften, bei denen allerdings nicht selten ein Auszug aus einer zum Abdruck eingereichten Arbeit veröffentlicht wird, so dass wir auch in unserem Falle öfter nur ganz kurz über die Resultate unterrichtet sind.

Allgemeine Behandlung des Astigmatismus.

Seine erste Arbeit (*1.*) beschäftigt sich mit der Aufhebung des Astigmatismus in optischen Apparaten, die aus beliebig vielen, brechenden und zerstreuenden Flächen zusammengesetzt sind. Als Kreuzungspunkt für die Centralstrahlen der von den Objektpunkten ausgehenden wirksamen Büschel wird der Krümmungsmittelpunkt der ersten brechenden Fläche angenommen, und die Aufgabe dahin formulirt, die Krümmungen der Bildflächen der meridionalen sowohl als der sagittalen Büschel für den Punkt in der Umgebung der Axe einander gleich zu machen. Sind die Krümmungsradien beider Flächen dort gleich, so wird man auf grössere Bildschärfe auch in der Nachbarschaft des Axenpunktes rechnen können.

Ein Jahr darauf geht er (*3.*) von der in der That unglücklichen Voraussetzung ab, den Kreuzungspunkt der Strahlen im Krümmungsmittelpunkt der ersten Fläche anzunehmen, und stellt sich nunmehr das Problem, diejenige Lage des Diaphragmas auf der Axe zu bestimmen, für welche, mindestens für Strahlen bestimmter Neigung, der Astigmatismus gehoben sei. Im Auszug aus der vorher erwähnten Arbeit giebt er Formeln an, um aus der Krümmung der Objektfläche und den Daten des Systems (Radien, Brechungsexponenten, Dicken und Entfernungen) die Krümmung der Bildfläche nahe der Axe sowohl für die meridionalen als die sagittalen Büschel abzuleiten. Sein Gedanke ist nun der — und späterhin hat er ihn an einem Beispiele auch durchgeführt — nach Elimination der übrigen Stücke die Krümmungsradien der beiden Bildflächen einander gleich zu setzen und so eine Beziehung zwischen Objektabstand und Blendenentfernung zu erhalten, woraus sich dann letztere als Funktion des ersteren ableiten lässt. Er bemerkt indessen, dass sich dann der Fehler der Verzeichnung einstellen kann, auf den er in einer weiteren Arbeit (*4.*) genauer zu sprechen kommt. Von dieser ist uns nur ein Auszug bekannt geworden, aus dem wir eine eingehendere Kenntniss nicht ziehen können; er hebt hervor, dass die Objektive, wenn nur ihr centraler Theil benutzt wird, ähnliche Bilder liefern, und scheint über diese doch sehr einfache Ansicht nicht hinausgekommen zu sein.

Astigmatismus der einfachen Einzellinse.

Glücklicher ist er bei der Anwendung seiner allgemeinen astigmatischen Formeln auf einen speciellen Fall (*5.*), nämlich auf die in monochromatischem Licht verwandte Einzellinse. Nun ist diese Behandlung zwar nicht so vollständig wie die klassische von G. B. Airy, denn obwohl auch P. Breton de Champ den Fall erhält, dass der Astigmatismus bei einem Meniskus auch dann gehoben sein kann, wenn er seine konvexe Seite den Objekten zukehrt, so geht er doch auf die Blendenstellung in diesem Specialfalle nicht ein. Er ist indessen im Stande, ganz allgemein die bikonvexe Form der Einzellinse für ein *Camera obscura*-Objektiv als ungünstig zu bezeichnen, da die Ausdehnung der Bildschärfe dann eine sehr beschränkte sein würde. Gebraucht man eine plankonvexe Linse, so muss die Planfläche den Objekten zugekehrt werden. Den Schluss dieser Arbeit bildet die Verifikation der Angabe W. H. Wollaston's

über die Blendenentfernung bei seinen Menisken durch Einsetzung der von diesem vorgeschriebenen Werthe für Radien und Brechungsindex in die von P. BRETON DE CHAMP entwickelte allgemeine Gleichung für den zur Vernichtung des Astigmatismus nothwendigen Blendenabstand.

Astigmatismus einer beliebig zusammengesetzten dünnen Einzellinse.

Eine andere Specialisirung (6.) seiner ganz allgemeinen Formeln hat ein weitergehenderes Interesse, er betrachtet nämlich ein aus beliebig vielen brechenden Flächen, deren Abstände von einander aber sämmtlich als verschwindend anzusehen sein müssen, zusammengesetztes Objektiv, bei dem der Kreuzungspunkt der Hauptstrahlen in dem Scheitel der Vorderfläche anzunehmen ist.

Durch Summation über alle Flächen erhält er, wenn ϱ' sich auf die meridionalen, ϱ'' auf die sagittalen Büschel bezieht und $\frac{1}{\varrho_0}$ die Krümmung des Objekts, $\frac{1}{\varrho_{2\mu}}$ die des Bildes bedeutet, die Formeln:

$$\text{für den Meridionalschnitt} \quad \sum_\varkappa \left(3 + \frac{1}{n_\varkappa}\right)\frac{1}{f_\varkappa} + \frac{1}{\varrho'_{2\mu}} - \frac{1}{\varrho'_0} = 0,$$

$$\text{für den Sagittalschnitt.} \quad \sum_\varkappa \left(1 + \frac{1}{n_\varkappa}\right)\frac{1}{f_\varkappa} + \frac{1}{\varrho''_{2\mu}} - \frac{1}{\varrho''_0} = 0.$$

Setzt man nun, wozu man bei unendlich dünnen Linsen berechtigt ist,

$$\sum_\varkappa \frac{1}{f_\varkappa} = \frac{1}{F}$$

wo F die Gesammtbrennweite des Systems ist, und betrachtet ebene Objekte, bei denen also $\varrho'_0 = \varrho''_0 = \infty$ ist, so wird

$$\frac{1}{\varrho'_{2\mu}} = -\frac{3}{F} - \sum_\varkappa \frac{1}{n_\varkappa f_\varkappa},$$

$$\frac{1}{\varrho''_{2\mu}} = -\frac{1}{F} - \sum_\varkappa \frac{1}{n_\varkappa f_\varkappa}$$

und selbstverständlich

$$\frac{1}{\varrho''_{2\mu}} - \frac{1}{\varrho'_{2\mu}} = \frac{2}{F}.$$

Behandlung der Tiefenschärfe.

Nur auf eine Arbeit (2.) brauchen wir hiernach noch einzugehen, in welcher unser Autor den Versuch macht, die Schwierigkeiten der Aufgabe, Portraits in grossem Maassstabe direkt zu erhalten, mathematisch zu begründen. Er zeigt, dass die Tiefenschärfe abhängig ist von dem Maassstabe der Reduktion, und dass sie bei konstanter Reduktionszahl direkt proportional ist dem Durchmesser der wirksamen Linsenöffnung und umgekehrt proportional der Objektentfernung. Eine Vergrösserung der Tiefenschärfe ist also unter diesen Umständen nur möglich entweder durch Verringerung der Oeffnung oder bei Festhaltung derselben durch Vergrösserung des Abstandes. Dass P. BRETON DE CHAMP zu diesem Resultat kam, ist weiter nicht verwunderlich, denn beide Möglichkeiten laufen auf eine Verkleinerung des Oeffnungsverhältnisses hinaus, da bei festgehaltenem Reduktionsmaassstabe die Vergrösserung des Abstandes identisch ist mit der Vergrösserung der Brennweite.

Ob unser Autor, dem man das Verdienst nicht absprechen kann, die Theorie der astigmatischen Deformation in Frankreich zuerst auf die photographischen Objektive angewendet zu haben, je mit der photographischen Optik in praktische Berührung kam, ist nicht mit Bestimmtheit zu sagen; doch ist es mir sehr unwahrscheinlich, da sein Name in den photographischen Kreisen Frankreichs völlig unbekannt geblieben zu sein scheint.

Ungefähr gleichzeitig, in den letzten Ausgängen aber später, als die Thätigkeit P. Breton de Champ's fällt die Wirksamkeit des italienischen Ingenieurs I. Porro auf dem Gebiete der photographischen Optik.

I. Porro's Leben.

Ignazio Porro [* 1801, † 8. Okt. 1875] wurde im Jahre 1801*) zu Pignerol geboren, besuchte die Militärschule zu Turin (P.), wurde Ingenieuroffizier im piemontesischen Heere, mass 1822 im Auftrage der Regierung einen Parallelbogen und nivellirte 1832 das Herzogthum Genua. Nachdem er 1842 zu Turin eine Anstalt zum Bau von Eisenbahnwagen angelegt hatte, begab er sich 1847 auf Reisen und liess sich in Paris nieder. In demselben Jahre gründete er (*3.*) daselbst das *Institut technomatique*, welches sich mit der Herstellung von optisch-mechanischen Präcisionsinstrumenten, hauptsächlich grossen Fernrohren, beschäftigte. Uns interessiren hier vornehmlich die photographischen Objektive, die nach Angabe von I. Porro (*10.*) auf Grund vorhergehender Rechnungen konstruirt waren. Eine weitere Abweichung von den Gewohnheiten der französischen Optiker bildete die Anwendung von Schleif- und Polirmaschinen, welche eine sehr bedeutende Genauigkeit erreichbar machen sollten. Seine Beziehungen zur wissenschaftlichen Welt sind zunächst sehr gute gewesen, und bei seiner grossen Rührigkeit hat es ihm an den mannigfachsten Anerkennungen auch nicht gefehlt. Allmählich aber verschlechterte sich das Verhältniss zu den Männern der Wissenschaft, soweit wir erkennen können infolge unvorsichtiger Reklame I. Porro's, und es kam um die Mitte des Jahres 1859 zu dem von H. de Senarmont erstatteten Bericht der aus H. Faye, J. Babinet und H. de Senarmont zusammengesetzten Kommission, welcher eine sehr scharfe Verurtheilung der Arbeitsmethoden und des Charakters von I. Porro enthält. Wann er dann Paris verlassen hat, ist augenblicklich mit Sicherheit nicht festzustellen, doch scheint es, als sei er im Anfang der 60er Jahre

---

*) Nach brieflichen Mittheilungen seines Neffen, des Professors Benedetto Porro. G. Vapereau, *Diction. univ.* giebt 1795 als Geburtsjahr an.

wieder in sein Heimatland zurückgegangen und habe sich in Mailand niedergelassen. Sein Tod erfolgte in dieser Stadt am 8. Oktober 1875.*)

Gehen wir nun dazu über, die Stellung dieses Mannes in der specifisch photographischen Optik eingehender zu schildern, so haben wir zwischen der Wiedergabe seiner Theorie und der Beschreibung seiner Instrumente eine Scheidung eintreten zu lassen.

Theoretische Ansichten im allgemeinen.

Was erstere angeht, so begegnen wir hier (7.) dem Vorsatz, die Rechenregeln nicht auf die Sätze der geometrischen Optik, sondern auf die der Wellentheorie zu stützen, ohne dabei aber im geringsten auf die Begrenzung der Strahlen einzugehen. Diese Aenderung ist aber überhaupt eine nur scheinbare, denn in den von ihm entwickelten Formeln wird stets die durch die Trennungsfläche zweier optisch verschiedener Medien verursachte Gestaltsänderung der Lichtwelle so hingestellt, als entstände wiederum eine sphärische Welle nur mit anders gelegenem Centrum. Es entspricht dieser Fall in der geometrischen Optik dem, wo die sphärische Aberration überhaupt nicht berücksichtigt wird. Er leitet ferner noch die Modifikationen ab, die diese Formeln erfahren, wenn man die Entfernungen der einzelnen Flächen von einander berücksichtigt, und deutet wenigstens den Weg an, den man für leuchtende Punkte ausserhalb der Axe einschlagen würde, aber immer nur unter der Voraussetzung, dass die Kugelwelle beim Uebergang aus einem Medium in das andere ihre Sphäricität nicht einbüsse. Dass diese Regeln bei der Berechnung photographischer Objektive nicht benutzt sein können, leuchtet von vornherein ein, denn sie ergeben die sphärischen Aberrationen gar nicht, deren Betrag ja durch die ganze Rechnung gerade ermittelt werden soll. Dass sich I. Porro dieser Nothwendigkeit bewusst war, unterliegt nach seinen Worten (6. 140.) keinem Zweifel, und er hat hiernach seine exakten Formeln, nach denen im *Institut technomatique* gerechnet wurde, wohl als Geheimniss betrachtet. Der Einfluss des Objektabstandes auf die sphärische Korrektion ist ihm bekannt.

Hinsichtlich der Verzeichnung tritt er sehr entschieden der Ansicht entgegen, als sei dieser Bildfehler die Folge der sphärischen Aberration in und ausser der Axe in den abbildenden Büscheln; er müsste in diesem Falle sich ändern mit der Oeffnung des begrenzenden Diaphragmas *(diaphragme-module)*, was offenbar nicht der Fall ist. Die Verzeichnung *(déformation)* hängt vielmehr ab von der Verschiedenheit der Neigungen der Lichtwellen gegen die Axe, wie sie von den verschiedenen Objektpunkten ausgehen.

Ueber die Bildebenung findet sich allgemein theoretischen Inhalts nur wenig, doch ist er mit dem Einfluss der Blendenstellung auf dieses Element wohl vertraut; hinsichtlich der Lichtvertheilung fällt ihm die starke Lichtabnahme nach dem Bildrande zu auf, welche eintritt, wenn die Begrenzung

---

*) Es ist leider sehr unwahrscheinlich, dass man jetzt noch viel über I. Porro's Arbeitsmethoden wird ermitteln können, da er dieselben allem Anscheine nach geheim hielt. Einer seiner Mitarbeiter aus dem Ende der 50er Jahre, Herr W. Cornelius, theilte mir am 3. März 1899 diese Eigenheit mit. Nach seiner Erinnerung ist die Auflösung der Porro'schen Werkstätte etwa 1860 erfolgt.

nicht durch ein einziges *diaphragme-module*, sondern durch die Ränder zweier Blenden geleistet wird.

Zu einem ganz eigenthümlichen Resultat kommt er (*9.*) bei seinen Ueberlegungen über Achromasie. Bei der Methode „FRAÜENHOFFER"'s ergiebt sich Disproportionalität der Dispersionen von Crown- und Flintglas, während er bei der Verwendung der gekreuzten Prismen I. NEWTON's auf dem Polyoptometer diese Erscheinung nicht erhält, sondern sich von dem proportionalen Gange überzeugt. Zur Entscheidung dieses Dilemmas nimmt er seine Zuflucht zu der von A. CAUCHY geleisteten Entwicklung der Brechungsexponenten in eine nach Potenzen von λ^{-2} fortschreitende Reihe. Er begnügt sich, da die Koëfficienten der höheren Potenzen ja doch klein sind, mit dem Ausdruck des BEER'schen Gesetzes

$$n = A + \frac{B}{\lambda^2}$$

und kann nun natürlich mit leichter Mühe zu der Formel kommen:

$$\frac{dn_1}{dn} = \frac{B_1}{B},$$

womit die Proportionalität des Ganges der Dispersion in Crown und Flint nunmehr siegreich stabilirt ist. Er hält es aber nicht für nöthig, den Grund des von J. FRAUNHOFER begangenen Fehlers seinerseits auch aufzudecken. Von der Annahme eines sekundären Spektrums geht er wunderbarer Weise trotz des eben geschilderten negativen Ergebnisses doch nicht ab, bezeichnet aber mit diesem Worte das, was wir etwa chromatische Differenz der sphärischen Aberrationen nennen würden („. . *il convient de rechercher* . . . *les causes des* „*spectres secondaires dans la proportion des courbures, et dans les épaisseurs des* „*verres*"). (*9. 186.*)

Mittheilungen über einzelne Konstruktionstypen und Rechnungsmethoden.

Bevor wir zu den eigentlichen Konstruktionen I. PORRO's übergehen, erscheint es angezeigt, gewisse seiner Vorstellungen, die jedenfalls das Resultat seiner Erfahrung waren, noch besonders zusammenzutragen. (*6. 146, 10. 9.*)

Danach ist bei einem der Einzellinse anliegenden Diaphragma das Maass der Bildfeldkrümmung etwa $\frac{2}{f}$, eine Angabe, die die Vermuthung nahelegt, sie beziehe sich auf die Krümmung der Bildfläche geringster Undeutlichkeit. Sieht man von der Bedingung, dass die lichtempfindliche Schicht auf ebenen Flächen zu verwenden sei, ab, und lässt gekrümmte Auffangflächen zu, so ist es möglich, eine einzelne Linse zu konstruiren, welche Kugelschalen als Bildflächen erfordert, im mathematischen Sinne frei von Verzeichnung ist und ein Minimum von sphärischer Aberration besitzt, deren Betrag für die Ränder des nach beiden Richtungen sehr weit ausgedehnten Bildfeldes der gleiche ist wie für die Mitte. Näher wird dieses Objektiv nicht beschrieben, doch ist nach diesen Angaben, besonders wenn man berücksichtigt, welche Ansichten er über den Grund der Verzeichnung hatte, wohl kaum zu bezweifeln, dass es sich um eine Vollkugel mit Mittelblende handelte.

Von der einfachen Landschaftslinse hat er nicht viel gehalten, sie liesse wegen der Zunahme von Verzeichnung und sphärischen Fehlern einigermaassen schiefe Incidenzen nicht zu, jedenfalls sei sie praktisch anwendbar nur für ganz entfernte Objekte.

Bildet man indessen, fährt er fort, durch passende Vereinigung zweier Einzellinsen ein Doppelobjektiv, so kann man die sphärische Aberration und

die Verzeichnung sehr beträchtlich vermindern und ein genügend geebnetes Feld von etwa 30° Ausdehnung erhalten. Solche Doppelsysteme sind nothwendig für Reduktionen auf etwa 1/4 bis 1/5 der natürlichen Grösse. Bei Kopien in gleicher Grösse sind Systeme mit Mittelblende zu verwenden, die zu dieser symmetrisch konstruirt sind.

Ueber die Anwendung der Rechnungsmethoden macht er (*7. 221*) einige Angaben. Man geht von den bekannten oder von ganz im Rohen, event. nach einfachster Vorrechnung, neu entworfenen Typen aus, verfolgt den Gang der Lichtwellen durch das System, wie sie in zwei oder drei beliebigen Punkten der ersten Fläche auffallen, und sucht durch systematische Aenderungen an Krümmungen, Abständen und Dicken die Fehler möglichst klein zu machen, in solcher Weise gleichsam Tatonnements auf dem Papier vornehmend. Die Grundlagen der Rechnung sind aber noch nicht festgelegt, und das wäre Aufgabe der praktischen Photographen; dieselben hätten die erforderlichen Leistungen des Apparats zu formuliren, eine Untersuchung, die sich (*5.*) zu beziehen hätte auf die Grösse des einem Objektpunkte entsprechenden Zerstreuungsscheibchens in der Axe und am Bildrande, die Grösse des Bildfeldes, den Betrag der noch zulässigen Verzeichnung und die Art der Achromasie.

Das Phozometer.

Was nun die von I. Porro herrührenden Neuerungen in der photographischen Optik angeht, so ist mit dem *Phozometer* zu beginnen (*1.*), einer kleinen Vorrichtung zur Messung der Aequivalentbrennweite photographischer Objektive.

Es besteht im wesentlichen aus einer achromatischen Kollimatorlinse, in deren vorderer Brennebene ein kleines Fadennetz von $\frac{f}{5}$ Durchmesser angebracht ist, dessen Bild in die Unendlichkeit projicirt wird. Das photographische Objektiv, dessen Brenn-

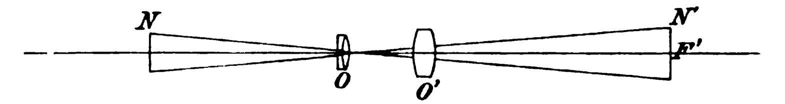


Fig. 57.
Schematische Darstellung des Porro'schen Phozometers.
O Phozometerobjektiv mit der Brennweite f.
N Fadennetz von $\frac{f}{5}$ Durchmesser, wird durch O ins Unendliche projicirt.
O' photographisches Objektiv mit der zu bestimmenden Brennweite F.
N' Bild des Fadennetzes von $\frac{F}{5}$ Durchmesser.

weite zu bestimmen war, wurde in einer Kamera auf unendlich eingestellt, und es wurde dann vor dasselbe das Phozometer gebracht. Natürlich erschien alsdann das Bild des Fadennetzes auf der Mattscheibe, wo nur die Grösse desselben mit Hilfe von Zirkel und Lineal festzustellen und dann mit 5 zu multipliciren war, um die Aequivalentbrennweite zu erhalten.

Objectif anallatique à trois verres.

In einem seiner geodätischen Instrumente, dem anallaktischen Fernrohr, war die Blende, welche den Kreuzungspunkt der Hauptstrahlen auf der Axe bestimmt, von I. PORRO in den vorderen Brennpunkt des Fernrohrobjektivs gesetzt worden, wodurch dasselbe für den Bildraum „telecentrisch" gemacht war, d. h. da die Hauptstrahlen dort der Fernrohraxe parallel waren, so war die Bildgrösse von der Einstellungsweite des Okulars vollständig unabhängig. Diese Eigenschaft hatte dem Instrument den Namen gegeben, der von *a privativum* und *ἀλλάττω* = *verwirre, verändere*, gebildet war, denn I. PORRO bezeichnete (*5. 14.*) die Unabhängigkeit der Grösse des vom Fernrohrobjektiv entworfenen Bildes von der Pointirungsebene des Okulars mit *anallatisme longitudinal.* Demgegenüber verstand er unter *anallatisme latéral* die Konstanz der Bildgrösse, wenn sich das Objekt in einer zur Axe senkrechten Ebene bewegt. Es ist das weiter nichts als ein anderer Name für Verzeichnungsfreiheit. Es kommt aber noch hinzu, dass bei den praktisch allgemein anwendbaren photographischen Objektiven das Bildfeld ein planes sein muss, was bei den Einzelobjektiven nach I. PORRO (*4.*) gar nicht und bei den Doppelobjektiven nur unvollkommen erreicht war, sondern im allgemeinen war das Bildfeld gegen die Linse konkav, d. h. um es in eine Ebene zu strecken, hätte man die Vereinigungsweiten auf den unter beträchtlichen Incidenzen auffallenden Hauptstrahlen erheblich weiter herausrücken müssen. I. PORRO fand nun vermittelst Durchrechnung von optischen Systemen unter Berücksichtigung der Dicken, dass man die Krümmungen zu einer Linsenkombination so wählen könne, dass sie für Strahlen geringer Incidenz sammelnd, für solche grösserer Incidenz zerstreuend wirke. Schaltet man eine solche Linse zwischen ein Doppelobjektiv und die Mattscheibe ein, so verkürzt man die Schnittweiten auf den schwach geneigten, und verlängert sie auf den stark geneigten Hauptstrahlen.

Es sei noch bemerkt, dass in dem Doppelobjektive wahrscheinlich die Korrektion auf Verzeichnung bewirkt wurde; übrigens scheint I. PORRO selbst nicht allzuviel von der Konstruktion gehalten zu haben (*„l'effet résultant de cette construction n'est autre qu'un „peu plus d'homogénéité et un peu plus de fidélité géometrique du centre „au bord du tableau").* Die Daten des Objektivs gab er nicht an, weil dieselben ganz von der Natur der verwandten Gläser abhingen; er versuchte mit dieser mangelhaften Ausrede — denn dann könnte man überhaupt von keinem Instrument mit Nutzen die Zusammensetzung angeben — seine sehr verständliche Ge-

schäftsmaxime zu verhüllen, aus diesen Daten ein Geheimniss zu machen.

Objectif sthénallatique.

Der Zweck eines neuen Instruments, des *objectif sthénallatique*, ist der, die Grösse des Winkels, welcher von Hauptstrahlen eingeschlossen wird, auf der Bildseite innerhalb gewisser Grenzen nach Belieben verändern zu können, und das soll auch durch die Wahl des Namens angedeutet werden, welcher ausser dem schon erwähnten Bestandtheil noch *σϑένος* = *Kraft* enthält, also ein Instrument bedeutet, mit dem man beliebige Vergrösserungen erzielen kann. Es bestand (*8.*) aus zwei achromatischen Objektiven, von denen das vordere eine sammelnde, das hintere eine zerstreuende Wirkung hatte; letzteres, welches den grösseren Durchmesser gehabt zu haben scheint (*4.*), war in der Richtung der Axe beweglich und erlaubte bei nur sehr geringer Aenderung des Kameraauszuges Aufnahmen sehr verschiedener Figurengrösse zu machen: der Linearmassstab der Bilder betrug im Maximum der Bildgrösse den vierfachen Betrag desjenigen im Minimum. Ueber die specielle Zusammensetzung des ersten Instruments dieser Art sind wir durch (*8.*) unterrichtet, danach bestand das zur Aufnahme der Sonnenfinsterniss 1851 benutzte Objektiv aus einer kleinen, achromatischen Landschaftslinse als Vorderglied und einer konkaven Linse als Hinterglied. Wenn die Aequivalentbrennweite des Systems 8,643 m betrug (*2.*), was mit den Angaben über die Bildgrösse in (*8.*) gut übereinstimmt, so muss mit einem sehr kleinen Oeffnungsverhältniss gearbeitet worden sein. Es lässt sich gut damit vereinigen, dass es damals nicht gelang, Momentaufnahmen von der Sonnenfinsterniss zu erhalten. Später, sicher schon 1852, sind diese Systeme zur Aufnahme weit entfernter terrestrischer Objekte verwandt worden; so legte I. Porro (*4.*) zwei Aufnahmen der etwa 1 km entfernten Panthéon-Kuppel vor, die ohne Aenderung des Standpunkts gemacht waren und dieses Objekt beziehentlich mit 6 und 50 mm Durchmesser zeigten.

Es unterliegt also keinem Zweifel, dass I. Porro mit diesem Objektive seiner Zeit weit vorausgeeilt war, denn es ist nichts mehr und nichts minder als das erste photographische Teleobjektiv mit negativer Hinterlinse, das er in klarer Erkenntniss seiner Vortheile auch schon für terrestrische Objekte anwandte und besonders zur Aufnahme von Bauwerken empfahl, bei denen ohne Schaden lange belichtet werden könne. Wenn er dagegen selbst (*8.*) der Ansicht ist, der Typus zeige eine allgemeinere Anwendung der Grundsätze, die J. Petzval zur Berechnung seiner Landschaftslinse (des

Orthoskops) geführt hätten, so ist diese Bemerkung, und darauf hat schon F. P. LIESEGANG (*125*) aufmerksam gemacht, doch nicht haltbar. Dass sich J. PETZVAL die Hinterlinse beim Landschaftsobjektiv als eine zerstreuende ergab, ist nicht wesentlich, ihm kam es vor allem auf eine möglichst vollendete sphärische Korrektion, gute Bildfeldebenung und gleichmässige Lichtvertheilung an; an die Variabilität des Abstandes zur Aenderung des Reproduktionsmaassstabes hat er gar nicht gedacht. Diese Idee gehört I. PORRO an; im übrigen bieten die beiden Objektive keine Vergleichspunkte. Dass beim *objectif sthénallatique* sphärische Korrektion erreicht war, lässt sich nicht annehmen, ebensowenig wie eine Hebung der Verzeichnung; die Optiker unserer Zeit, die dieser Konstruktion wieder näher getreten sind, nehmen, wie ich (*1.*) gezeigt habe, allgemein den Standpunkt ein, dass es beim Teleobjektiv nicht möglich sei, auch nur annäherungsweise die Verzeichnung mit so einfachen Mitteln zu heben, wie es Einzellinsen sind, während es wohl nicht bestritten werden wird, dass für die sphärische Korrektion der Kombination die Variabilität des Abstandes der beiden einfachen Elemente verhängnissvoll werden muss.

Objectif bidouble spécial.

Es ist das *objectif bidouble spécial* eine zur Kopirung von Karten in natürlicher Grösse bestimmte Kombination, welche von I. PORRO (*5. 13.*) für die topographische Abtheilung des russischen Generalstabes *(corps d'État-major de Russie)* geliefert worden war. Hält man damit zusammen, was er über die Konstruktion solcher Reproduktionsinstrumente im allgemeinen sagt, so geht daraus hervor, dass es eine zur Mittelblende symmetrische Kombination war. Wir wissen aber nicht, ob die Methode der Achromatisirung der Einzelbestandtheile entsprechend CH. CHEVALIER oder A. ROSS gewählt war, d. h. ob sich ein symmetrisches Objektiv nach Art desjenigen von TH. DAVIDSON oder des von TH. GRUBB ergab.

Objectif panoramique.

Für den Bau des letzten, auf I. PORRO (*9. 188.*) zurückzuführenden Objektivs sind wir zum grossen Theil auf Vermuthungen angewiesen. Mitgetheilt wird nur, dass das *objectif panoramique* aus zwei dicken Flintmenisken und einem Crownbestandtheil zusammengesetzt war, und, im Mittelpunkt einer cylindrischen Aufnahmefläche angebracht, streng verzeichnungsfrei einen Horizontalwinkel von 125° umfasste. Hält man dagegen, was oben von dem einfachen Kugelobjektiv gesagt wurde, so wird man auch hier die Möglichkeit zulassen müssen, dass I. PORRO eine von koncentrischen Flintglasschalen umgebene Crownglaskugel mit äquatorialem Einschliff als Mittelblende verwandte, wie sie in der Folgezeit von

A. STEINHEIL und noch später von H. SCHROEDER, allerdings für andere Zwecke, vorgeschlagen wurde.

Empfohlen wurde dieses Objektiv für Landschaftsaufnahmen zu photogrammetrischen Zwecken. Da nun die Messung an den Papierkopien vorgenommen werden musste, die durch die verschiedenen Bäder und das Trockenwerden sicherlich ganz unberechenbaren Verziehungen ausgesetzt waren, so liess I. PORRO auf der konvexen Seite des gegen das Objektiv konkaven Glascylinders ein Gradnetz einreissen, welches sich alsdann natürlich auf das lichtempfindliche Papier kopirte und so Marken bekannter Grösse lieferte, welche die Veränderungen des Papieres zu berücksichtigen erlaubten.

A. FORTI's theoretische Arbeiten.

An dieser Stelle mag auch auf die Bemühungen des Pisaner Mathematikers ANGIOLO FORTI (* 1818) (P.) hingewiesen werden, welcher Anfang der 60er Jahre auf Grund der MOSOTTI'schen Theorie sich mit der Berechnung photographischer Objektive beschäftigte.

In seiner ersten Arbeit (*1.*) studirt er einen aus blauen Gläsern zusammengesetzten Apparat, der nur die photographisch wichtigen Strahlen durchlässt. Derselbe wird aus zwei ähnlichen und ähnlich (nicht symmetrisch) gestellten unverkitteten Doppelobjektiven zusammengesetzt, die für sich sphärisch korrigirt sind. Als Nebenfall wird auch ein aus einer Positiv- und einer Negativlinse zusammengesetztes Objektiv behandelt, doch begegnet dem Verfasser in seiner Herleitung ein Zeichenfehler, so dass er eine Abhängigkeit der Bildgrösse entfernter Objekte vom Konstruktionstypus des Aufnahmeobjektivs erhält.

Diezweite Arbeit (*2.*) behandelt das aus zwei positiven Linsen zusammengesetzte System und untersucht mit Hilfe eines geradezu ungeheuren Rechenaufwandes die Verzeichnung desselben für endlich geöffnete Büschel und für ein Bildfeld von 40°. Dabei werden die Mitten der Zerstreuungsfiguren als Lokalisationsorte der Bildpunkte angenommen.

Zum Schlusse der Arbeit spricht A. FORTI die Absicht aus, die optischen Mittel durch Einführung von Cylinderflächen zu erweitern, deren zur Systemaxe senkrecht stehende Axen einander rechtwinklig kreuzen.

Es scheint nicht, als seien die Konstruktionen dieses Theoretikers je ausgeführt, ja auch nur allgemeiner bekannt geworden. soweit mir bekannt, hat allein TH. SUTTON von einer FORTI'schen Arbeit Notiz genommen.

c. Kleinere Konstruktionsänderungen und Neuerungen.

Die französische Fachpresse.

In die letzte Zeit des Wirkens der beiden bedeutenden Theoretiker in Frankreich fällt, ungefähr gleichzeitig mit den entsprechenden Vorgängen in England, die Entstehung der französischen

Fachpresse. Hatte sich zwar schon die vom Abbé F. MOIGNO 1852 begründete, populär-wissenschaftliche Wochenschrift *Cosmos* mit den Fragen der Photographie gelegentlich beschäftigt, so machte sich doch das Bedürfniss nach einem eigenen Blatte geltend, und die grosse französische Gesellschaft für Photographie fasste 1855 den Entschluss, ein Organ der Gesellschaft herauszugeben. Ganz ähnlich, wie wir es in England und in allerdings schwächerem Maasse in Deutschland sehen werden, tritt nun die Lage der französischen Optik in ein helleres Licht; wir können die leitenden Persönlichkeiten und ihre Bestrebungen einigermassen deutlich erkennen, während wir für die Zeit der 40er Jahre eigentlich allein auf Prioritätsreklamationen späterer Zeit angewiesen sind. Auch die Kenntniss von I. PORRO's theoretischen Ansichten und praktischen Arbeiten verdanken wir dieser Quelle.

Es scheint nun nicht, dass die photographischen Objektive I. PORRO's solchen Eindruck auf seine Fachgenossen gemacht hätten, um zu Nachahmungen herauszufordern. Ausser einer Anzeige des SECRETAN'schen *focabsolumètre's*, eines wenig veränderten Phozometers, ist mir ein Fall direkter Nachahmung nicht bekannt geworden.

. . JAMIN's Modifikation des PETZVAL'schen Portraitobjektivs.

In dem Gesellschaftsorgan wird die erste Aenderung an dem PETZVAL'schen Objektiv von . . JAMIN mitgetheilt und durch eine Kommission der Gesellschaft geprüft, deren Sprecher H. SILBERMANN war. Aus den entsprechenden Notizen lässt sich entnehmen, dass zwischen den beiden Linsenbestandtheilen des PETZVAL'schen Portraitobjektivs eine Art Blendvorrichtung *(cône centralisateur)* sich befand, die zunächst wohl Reflexlicht abhalten sollte, aber auch infolge der dadurch herbeigeführten Abblendung eine bessere Lichtvertheilung über die Platte und eine entsprechende Tiefenschärfe hervorbrachte. Dass auch hier die Vorderlinse in umgekehrter Stellung für Landschaftsaufnahmen verwendet werden konnte, bietet kein besonderes Interesse, da das gleiche Princip viel früher zuerst von FR. VOIGTLÄNDER und dann von FR. SCOTT ARCHER angewandt worden war und besonders durch letzteren, vorzüglich in England, eine weite Verbreitung erhalten hatte. Die eigenthümlichste Aenderung am JAMIN'schen Objektive besteht darin, dass die beiden Bestandtheile des Portraitobjektivs einander genähert und von einander entfernt werden konnten. Diese hatte, wie ausdrücklich hervorgehoben wird, nicht den Zweck, bei gleichem Objektabstande verschiedene Figurengrössen herbeizuführen, sondern es sollte je nach dem Objektabstande die sphärische Korrektion ent-

sprechend geändert werden. Von wem dieser hier zuerst auftretende Gedanke stammt, wird nicht angegeben; . . JAMIN fand die Idee bereits vor und übertrug sie auf sein PETZVAL-Objektiv, indem er die Modifikation des Linsenabstandes durch Zahn und Trieb und nicht, wie vorher, durch zwei in einander gleitende Rohre geschehen liess. Noch sei erwähnt, dass seine eben besprochenen Objektive aktinisch korrigirt waren.

Der Streit A. BERTSCH-CH. CHEVALIER über den Werth der deutschen Objektive.

Es sollte nicht lange dauern, bis die Frage nach der Herkunft der besten Objektive, welche, wie wir gesehen haben, die Verfasser von Lehrbüchern so sehr beschäftigt hatte, auch innerhalb der Gesellschaft aktuell wurde. Es war zunächst der durch seine Mikrophotographien berühmte AUGUSTE BERTSCH, welcher der in Frankreich — wie es scheint — verbreiteten Meinung Ausdruck (*1.*) lieh, die deutschen Objektive — und darunter sind wohl die der VOIGTLÄNDER'schen Werkstätte zu verstehen — seien besser als die einheimischen. Er trat der Ansicht entgegen, dass die ungleichmässige Lichtvertheilung, der schnelle Lichtabfall von den Plattenmitte zum Rande, auf die starken Krümmungen der Objektive zurückzuführen sei. Derselbe sei vielmehr der Diaphragmenwirkung des Randes der zweiten Linsenkombination auf die Oeffnung der ersten zuzuschreiben. Einen grossen Vorzug aber besässen die deutschen Objektive vor den französischen, nämlich den viel besserer Politur, die durch Anwendung von Tuch im Gegensatz zu der heimischen von Papier hervorgebracht würde. Nun sei in Frankreich diese Polirmethode wohl auch nicht unbekannt, aber man bediene sich hier ganz gewöhnlichen groben Tuches zur Herstellung von Dutzendwaare, während man in Wien das feinste Tuch verwende und die Bekleidung der Polirschale mit grösster Sorgfalt vornehme; ausserdem lasse man das Glas bei der Bearbeitung nicht kalt werden. Nach den Aeusserungen von A. BERTSCH wird es schon hier sehr wahrscheinlich, dass er zu der VOIGTLÄNDER'schen Werkstätte persönliche Beziehungen hatte; so wird seine Andeutung von einer in jener Werkstätte benutzten Schleifmaschine immerhin schon auf eine intimere Kenntniss zurückgeführt werden müssen.

Aeusserungen, wie die eben erwähnten, mussten naturgemäss den Widerspruch der nationalen Optik hervorrufen, und derselbe erfolgte von ihrem bedeutendsten Vertreter, CH. CHEVALIER (*6.*). Lassen wir den in die Form eines Streites um Worte gekleideten Austausch höflicher Bosheiten mit A. BERTSCH unbeachtet, so griff CH. CHEVALIER — und darin ist er sicher im Unrecht — die von

seinem Gegner gegebene Erklärung der Lichtvertheilung beim Portraitobjektiv an. Anderseits aber trat er der Ansicht desselben entgegen, die Tuchpolitur liefere exaktere Arbeit als die Anwendung von Papier; gerade das Gegentheil sei der Fall, wenn man nur die nöthige Sorgfalt walten lasse. Er entwickelte für die Anlage der Arbeit und die Ueberwachung des Fortschreitens derselben Grundsätze, welche seine Gründlichkeit und Gewissenhaftigkeit in ein sehr gutes Licht stellen.

Gelegentlich sei noch bemerkt, dass infolge der eifrigen Diskussion zwischen A. Bertsch und Ch. Chevalier der Präsident der Gesellschaft, H. V. Regnault, einer von ihm und dem Mechaniker H. P. Gambey konstruirten Schleifmaschine Erwähnung that, die ohne Schleifschale arbeitete, allein durch die Bewegung einer kleinen, mit dem Schleifpulver versehenen Fläche, die in einer vorgeschriebenen Kurve über das rotirende Glas hingeführt wurde.

Es wird aber am Platze sein, hier zu den verschiedenen Polirmethoden Stellung zu nehmen, die wir oben anpreisen sahen. Ich verdanke Aufklärung darüber Herrn R. Toepfer, Werkmeister in der Optischen Werkstätte von Carl Zeiss, welcher infolge langjähriger Beschäftigung mit der Prüfung von Linsenflächen für eine solche Entscheidung um so berufener erscheint, als die Probeglasmethode ihm ein Mittel der exakten Messung an die Hand giebt. Danach liefert die Papierpolitur gleichmässigere Krümmungen, ist aber nur für Flächen mit langem Krümmungsradius geeignet. Die Tuchpolitur liefert weniger regelmässige Flächen, da der Linsenrand stärker angegriffen wird als die Linsenmitte, lässt sich aber auch für starke Krümmungen verwenden. Die Einhaltung bestimmter Radien ist bei beiden Methoden ungemein schwierig, und was die Qualität der Politur selbst angeht, so ist sie nur eine mittelmässige, da die Schrammen und Kritzen nur ausgerundet, nicht auspolirt werden.

Die Landschaftslinse J. Petzval's.

Wenden wir uns jetzt zu den Vorgängen auf dem Gebiete der konstruktiven Optik wieder zurück, so erregte das grösste Interesse die Einführung der Petzval'schen Landschaftslinse (des *Orthoskops*) durch Fr. Voigtländer, der Mitte Januar 1858 eine grössere Anzahl von Orthoskopen verschiedener Grössen der Gesellschaft durch A. Bertsch (*2.*) als Geschenk überreichen liess. Die zur Prüfung gewählte Kommission erstattete durch ihren Sprecher A. Bertsch (*3.*) einen für die Neukonstruktion ausserordentlich günstigen Bericht, in welchem hauptsächlich die grosse

Schärfe des neuen Objektivs der alten Landschaftslinse gegenüber betont wurde. Chemischer Fokus wurde bei dieser Prüfung nicht wahrgenommen.

Das Interesse der photographischen Kreise blieb in der nächsten Zeit noch sehr auf die Neukonstruktion gerichtet, zumal da der hässliche Streit J. PETZVAL-FR. VOIGTLÄNDER auch hierher seine Kreise zog; doch blieb es glücklicherweise bei der *In-extenso*-Wiedergabe nur eines Schreibens von J. PETZVAL nach englischen Zeitschriften, und schon die VOIGTLÄNDER'sche Entgegnung erschien nur im Auszuge.

Die Optiker scheinen so gut wie garnicht von der Herausgabe der PETZVAL'schen Landschaftslinse berührt zu sein; einige Jahre später, 1860, versuchte .. QUINET (*2.*) eine überaus thörichte Prioritätsreklamation, da er schon 1852 eine Kombination von positivem und negativem System sich habe schützen lassen, doch wird ihm von A. BERTSCH (*6.*) in einer kurzen, aber nachdrücklichen Entgegnung der bessere Anspruch J. PETZVAL's klar gemacht. Sonst zeigt sich nichts von jener energischen und frischen Betheiligung der Amateure und Optiker am Lösen von Fragen der photographischen Optik, wie wir sie um diese Zeit in England finden; die Betheiligung an solchen Fragen ist sogar geringer als unmittelbar nach Begründung der Zeitschrift.

Das Vergrösserungs-(Tele-)System des Abbé .. TORNÉ.

Bald nachdem I. PORRO sein Teleobjektiv mit negativer Komponente vorgeführt hatte, folgte ihm der Abbé .. TORNÉ mit einem Systeme nach, welches nichts anderes ist, als ein Telesystem aus zwei positiven Gliedern. Wohl erkannte er, dass man durch Variation des Abstandes zwischen den beiden Systemen die Bildgrösse sehr erheblich variiren könne, aber er empfahl es nicht zur Aufnahme von sehr weit entfernten Objekten. Wenn ihm in der darauf folgenden Diskussion eingewendet wurde, das Verfahren sei nicht neu, so ist das richtig; beim astronomischen Fernrohr ist dieses Princip schon früher für optische Demonstrationen benutzt worden, und, wie wir in der Einleitung sahen, lag auch schon eine Anwendung von E. v. LEYSER für die *Camera obscura* vor; das Verdienst aber, ein schon früher bekanntes Princip in die photographische Optik eingeführt zu haben, wird man Abbé .. TORNÉ, der aller Wahrscheinlichkeit nach von seinen Vorgängern nichts wusste, zugestehen können. Es lag auch nur an seinem Mangel an optischer Schulung, dass die Einführung dieses Typus nicht in einer besser durchgearbeiteten Form und unter Hervorhebung der specifischen Vortheile geschah, die dieses System bot.

Blenden-konstruktionen von P. Maugey und .. Quinet.

Auch auf die mechanischen Theile, die Objektivfassung, richtete sich die Aufmerksamkeit, und so finden wir die Aufgabe, ein Diaphragma mit variabler Oeffnung zu konstruiren, von verschiedenen Seiten in Angriff genommen. Zwar hatte schon N. Niepce für seinen privaten Gebrauch und nach ihm Ch. Chevalier sogar kommerciell das vollkommenste variable Diaphragma, die Irisblende, in das photographische Objektiv eingeführt, aber sei es, dass diese Bestrebungen nicht genügend bekannt geworden waren, oder dass die Ausführung zu schwierig erschien, genug, wir begegnen um diese Zeit anderen Versuchen, die allerdings auch nicht von Erfolg gekrönt waren. Es war ein zuerst von dem italienischen Physiker G. Govi durchgeführter, später von dem französischen Mechaniker Pierre Maugey (*1.*, *2.*) aufgenommener und durch ein englisches Patent geschützter Gedanke, eine kreisförmig durchlochte Gummischeibe mit ihrem äusseren Rande im Innern des Rohrstücks zu befestigen; ein innen gleitender Messingcylinder mit abgerundetem Rande konnte das Diaphragma aus seiner Ebene herausbringen und durch die damit bewirkte Ausdehnung der Gummifläche auch das Loch vergrössern. Diese Einrichtung hatte aber den Uebelstand, dass die Diaphragmenebene keine konstante Lage behielt. Von . . Quinet (*1.*) stammt ein anderer Vorschlag um 1860, der uns in England schon einige Jahre früher bei M. Noton entgegentritt, nämlich der einer quadratischen Blende mit variabler Oeffnung.

E. Derogy's Satz.

Ungefähr um die gleiche Zeit ersehen wir aus dem englischen Patent E. Derogy's (*1.*), dass eine Nachfrage nach Satzobjektiven auch in Frankreich bestand. Die hier in's Auge gefasste Konstruktion erfuhr durch G. Shadbolt (*2.*) in England eine sehr eingehende Besprechung, in welcher dieselbe auf Fr. Scott Archer's Vorschläge zurückgeführt wird. Es sei hier nur kurz bemerkt, dass es sich um positive oder negative Zusatzlinsen zum Petzval'schen Portraitobjektiv handelte. Genauer werden diese Methoden unter Fr. Scott Archer besprochen werden.

Die Bewerbung um den Bordin'schen Preis.

Berühren wir nur flüchtig die Regel des Abbé E. Laborde, bei Anfertigung von Kopien mit der Arbeitsblende auch einzustellen, da der Bildort eine Funktion der benutzten Oeffnung sei — nach seiner Beschreibung muss man auf sphärisch recht stark unterkorrigirte Objektive schliessen — so ist der erste Gegenstand, der wieder von Interesse für uns ist, der von H. Fizeau im Jahre 1862 über die Bewerbungen um den Bordin'schen Preis erstattete Bericht. Die Preisaufgabe forderte eine experimentelle Feststellung der auf die Trennung der optischen und der chemischen Einstellung wirken-

den Einflüsse. Zwei Arbeiten waren eingelaufen: die erste, welche von FÉLIX TEYNARD herrührte, nahm experimentell die Bestimmung der Fokusdifferenz für eine Reihe verschiedener Achromate vor, ermittelte unter der Annahme, diese Differenz sei für Reproduktionen auf gleiche Grösse bekannt, die an der optischen Einstellung anzubringende Korrektion für ein beliebiges Reduktionsverhältniss und gab Tabellen für den praktischen Gebrauch. Der für diese Arbeit ertheilte Preis bestand in einer goldenen Medaille im Werthe von 2000 fr. Die zweite Arbeit ging auf den Dresdener CARL MIERSCH zurück. Sie enthielt in ihrem ersten Theile eine allgemeine optische Theorie und im zweiten die trigonometrische Durchrechnung von einfachen und achromatischen Objektiven verschiedener Art unter Berücksichtigung der Dicken und Abstände für neun verschiedene Farben in dem Intervall von B bis H. Die 30 Folioseiten einnehmenden Rechnungen lagen der Arbeit bei und hatten auf die Prüfungskommission, wie der Berichterstatter hervorhebt, einen grossen Eindruck gemacht. Am Schlusse gab der Verfasser Regeln für den ausführenden Optiker. Auch diese Arbeit erhielt einen Preis, welcher in einer goldenen Medaille im Werthe von 1000 fr. bestand.

Der DARLOT'sche Objektivsatz.

Einige Jahre darauf, 1866, hören wir durch A. DAVANNE (*1.*) von der Vorführung des DARLOT'schen Objektivsatzes. Schon etwas früher, 1865, sind wir durch VICTOR ANGERER davon unterrichtet, dass JAMIN DARLOT, wahrscheinlich JAMIN und DARLOT,*) eine Modifikation der *globe lens,* in der, wie es scheint, der *cône centralisateur* JAMIN's sich befand, in den Handel brachte. Die Elemente dieses Doppelobjektivs, des *objectif hémisphérique,* scheinen im Jahre darauf mit zur Zusammenstellung eines Satzes verwandt worden zu sein, welcher aus 8 bis 9 in dieselbe Fassung schraubbaren Einzellinsen eine Reihe verschiedenbrennweitiger Doppelobjektive herzustellen erlaubte. Nach A. DAVANNE (*2.*) enthielt der Satz die beiden Linsenkombinationen für ein Portraitobjektiv von $f = 190$ mm und Einzellinsen von 100, 130, 160, 250, 380, 380, 450 mm Brennweite. Sämmtliche neun Linsen liessen sich an dem beigegebenen Rohrstück zu Kombinationen von je zwei zusammensetzen, doch kann man wohl annehmen, dass am günstigsten die Kombinationen aus ähnlichen oder gleichen Objektiven gewirkt haben. An die Verwendung der Einzelobjektive als Landschaftslinsen langer Brennweite war gedacht worden.

*) Nach B. S. F. 1895. (2) **11.** 532 ist der am 5. Oktober 1895 gestorbene ALPHONSE DARLOT der Nachfolger des Optikers . . JAMIN gewesen.

Die praktische Bedeutung dieses Versuchs ist ohne Frage eine grosse, das Verdienst der Neuheit kommt aber keinesfalls ALPH. DARLOT zu. In der Entwickelung der englischen Optik kann man ein vollständiges Satzobjektiv, bei dem zwei Einzellinsen drei Objektive verschiedener Brennweite zur Verfügung stellten, bei TH. DAVIDSON schon vor 1855 nachweisen, und 1865/66 bringt J. ZENTMAYER seinen Objektivsatz heraus, bei dem allerdings auf die Benutzung der Einzellinsen verzichtet zu sein scheint. Wenn überhaupt, so kann man also für ALPH. DARLOT in dieser Hinsicht nur den Fortschritt in Anspruch nehmen, mehr als zwei DAVIDSON'sche Satzlinsen in ein Rohrstück einschraubbar gemacht zu haben, muss aber dann hinzufügen, dass diese Idee zur Bildung von Doppelobjektiven mindestens gleichzeitig von J. ZENTMAYER verwirklicht worden war.

Rückblick auf den vergangenen Zeitraum.

Blicken wir auf den verflossenen Zeitraum zurück, so bemerken wir auf dem Gebiete der photographischen Optik zwei bedeutende Persönlichkeiten, den tatonnirenden Praktiker CH. CHEVALIER und den rechnenden Theoretiker I. PORRO. Eine längere Zeit hindurch hat anscheinend nur der erstere der beiden Männer seinen Einfluss geltend gemacht, während I. PORRO's Thätigkeit mehr gelegentlicher Natur war, da ihn wohl die Menge seiner sonstigen Arbeiten gehindert hat, sich mit ganzer Kraft auf die photographische Optik zu werfen. In Reichthum an Ideen kommt ihm in dem betrachteten Zeitraum weder hier in Frankreich noch in Deutschland oder England jemand gleich.

Der Stand der anderen Optiker ist kein hoher, und es sind hauptsächlich fremde Ideen, nach denen gearbeitet wird, seien sie nun in den PETZVAL'schen Objektiven oder in den Kombinationen englischer Herkunft, wie den ARCHER'schen Modifikationen, der *globe lens* u. a. m., verkörpert. Anschluss an wissenschaftliche Kreise scheint keiner der französischen Optiker gesucht zu haben, und der einzige Mathematiker, der uns um diese Zeit auf unserm Gebiete in Frankreich begegnet, scheint mit der praktischen Optik ohne Fühlung gewesen zu sein.

Das Amateurwesen spielt auf optischem Gebiete ebenso wie in Deutschland keine nennenswerthe Rolle und lässt sich nicht von ferne mit dem Stande der Entwickelung vergleichen, den es in England, dem klassischen Lande der photographischen Vereine und Zeitschriften, erreicht hatte.

3. Die Zeit bis zum Erscheinen des neuen Glases.

In demselben Jahre, welches für den Aufschwung der photographischen Optik in Deutschland so bedeutungsvoll werden sollte, wurde im französischen Sprachgebiet zum ersten Male der Versuch gemacht, eine photographische Optik selbständig erscheinen zu lassen. Behandlungen dieses Themas waren — wenn man von den Schriften J. PETZVAL's, die keinen allgemeinen Charakter tragen, absieht — in England von verschiedenen Seiten und zum Theil von wirklich dazu berufenen Personen gemacht worden, aber sie fanden sich in Zeitschriften zerstreut vor und waren so immerhin schwerer zugänglich.

D. VAN MONCKHOVEN's photographische Optik.

Der Verfasser dieses Lehrbuches war DÉSIRÉ CHARLES EMMANUEL VAN MONCKHOVEN (* 25. Sept. 1834, † 25. Sept. 1882).

Er hatte schon frühzeitig, vor 1856, litterarisch die photographischen Verfahren behandelt, die ihm als Chemiker nahe lagen, und war dabei naturgemäss zur Beschäftigung mit den photographischen Objektiven gekommen. Da diese Schrift, *Optique photographique*, für eine lange Zeit die einzige das betrachtete Gebiet behandelnde Veröffentlichung bleibt, so gewinnt D. VAN MONCKHOVEN für uns eine grössere Bedeutung, als ihm, rein sachlich betrachtet, gebührt. Bei der Besprechung des Inhalts werden wir zweckmässig zu scheiden haben zwischen seinem theoretischen Standpunkt und seiner praktischen Stellungnahme zu den vorhandenen Typen photographischer Objektive.

Theoretischer Theil.

Was den theoretischen Theil seines Buches angeht, so wird elementar begonnen, Brechung und Farbenzerstreuung behandelt und die optische von der aktinischen Achromasie getrennt. Hinsichtlich der Linsenfehler wird die sphärische Aberration für axenparallele Strahlen besprochen, für schiefe Strahlen als Koma erwähnt. Die Bildfeldkrümmung wird im Zusammenhang mit Lage und Grösse des Diaphragmas behandelt und der Verzeichnung grössere Aufmerksamkeit geschenkt. Man kann nicht sagen, dass die Behandlung dieses Bildfehlers geglückt wäre, denn während in der Ueberschrift die Verzeichnung als „Abweichung wegen der Linsendicke“ definirt ist, spielt auch die Auffassung der Linse als Kombination von Prismen, welche wir sechs Jahre früher von J. H. DALLMEYER so glücklich vertreten finden, eine Rolle, und es scheint nicht, als habe sich der Verfasser über diese Verhältnisse völlige Klarheit zu verschaffen gesucht, denn wenn er ausserdem den Satz ausspricht, dass ein Diaphragma unmittelbar an der Linse angebracht die Verzeichnung beseitige, da es mit dem optischen Centrum zusammenfalle, so nimmt er auch noch den Standpunkt ein, der schon zwölf Jahre früher von TH. GRUBB an TH. SUTTON so nachdrücklich getadelt war. Eingehend wird auch der Astigmatismus behandelt, und die Lage der Vereinigungspunkte der

sagittalen und der meridionalen Büschel für einen unendlich weit entfernten Punkt ausser der Axe abgeleitet unter Voraussetzung einer plankonvexen Linse, deren plane Seite dem leuchtenden Punkte zugewandt ist und der engen Blende unmittelbar anliegt.

Die einfachsten Gesetze von den konjugirten Objekt- und Bildabständen bezogen auf das optische Centrum dünner Linsen und die Bestimmung der Brennweite nach TH. GRUBB sind ebenfalls behandelt. Bei der Besprechung der Fokustiefe, die bei seiner Behandlung der Bildfeldkrümmung von Wichtigheit ist, wird noch der Linsenform ein Einfluss beigemessen, so zwar, dass die gewöhnlichen Landschaftslinsen *cet. par.* die grösste Tiefe besitzen sollen.

Stellung zu den photographischen Objektiven seiner Zeit.

Was nun D. VAN MONCKHOVEN's Stellungnahme zu den Objektivformen seiner Zeit angeht, so ist er ein entschiedener Vertreter der englischen Optik und insbesondere von J. H. DALLMEYER, zu dem er in besonders freundschaftlichem Verhältniss stand und dem er auch später sein Lehrbuch *Traité général de photographie* widmete. Werthvoll ist es, dass D. VAN MONCKHOVEN einen Ueberblick über die Herstellung von Linsen, von der Glasbereitung angefangen, gab, wobei ebenfalls die englischen Methoden eingehender behandelt wurden. Die Eintheilung der Objektive erfolgte in solche mit und ohne Aufhebung der sphärischen Aberration oder, wie der englische Ausdruck lautet, in aplanatische und in nicht aplanatische.

Unter dieser letzteren Klasse werden aufgeführt die CHEVALIER'sche und die GRUBB'sche Landschaftslinse — letztere ohne Namensnennung — die zweifach verkittete Landschaftslinse J. H. DALLMEYER's, HARRISON und SCHNITZER's *globe lens*, TH. SUTTON's *panoramic lens*, das STEINHEIL'sche *Periskop* und TH. ROSS' *doublet*.

Unter den aplanatischen Objektiven erscheinen J. PETZVAL's Landschaftslinse unter dem Namen *Orthoskop*, J. PETZVAL's Portraitobjektiv und J. H. DALLMEYER's *triplet*. Da er auch von einigen Objektiven die Konstruktionsdaten mittheilt, und zwar reducirt auf die Brennweite f = 10, allerdings mit ungleichförmiger Berücksichtigung der verschiedenen Elemente, so wird seine Darstellung der Objektive jener Zeit kanonisch, und seine Angaben wandern als eiserner Bestand in das Inventar der Lehrbücher späterer Zeit über.

D. VAN MONCKHOVEN's Beziehungen zu A. STEINHEIL.

Von der zweifelhaften Stellung, die er in dem Prioritätsstreit um das symmetrische Objektiv A. STEINHEIL-J. H. DALLMEYER einnahm, wird an anderer Stelle die Rede sein, hier genügt es, auf die Uebergehung der Verdienste TH. GRUBB's aufmerksam zu machen, indem die *aplanatic lens* von ihm einmal unter den sphärisch nicht korrigirten Systemen und dann ohne Namensnennung des Erfinders aufgeführt wurde.

Es ist verständlich, dass D. VAN MONCKHOVEN infolge seiner Beschäftigung mit der photographischen Optik sich über die wünschenswerthen Neuerungen ein Urtheil bildete, und so kam es, dass er im Jahre 1865 (*2.*) A. STEINHEIL gegenüber die Forderungen, denen ein neues Objektiv zu genügen hätte, aufstellte. Es waren im wesentlichen folgende: Aktinische Achromasie, sphärische Korrektion für Axenstrahlen bei einem Oeffnungsverhältniss von 1 : 10,

mit voller Oeffnung ein scharfes Bildfeld von 20°, bei Abblendung auf 1 : 30 ein solches von 60°, Abwesenheit von Verzeichnung. Diese Bedingungen erfüllte das Triplet J. H. DALLMEYER's bereits annäherungsweise, doch erklärte A. STEINHEIL, in der Lage zu sein, dieselben Forderungen mit einfacheren Mitteln erfüllen zu können. Der Erfolg gab ihm recht, denn das von ihm herausgebrachte neue Objektiv, der Aplanat, hat sogar noch mehr als die von D. VAN MONCKHOVEN herrührenden Bedingungen erfüllt und im Laufe der Zeit eine völlige Umwälzung in der Konstruktion der photographischen Objektive hervorgerufen.

Dieser neue Typus gelangte 1868 durch A. STEINHEIL (*6.*) an die französische photographische Gesellschaft und wurde bald danach von einer aus . . CIVIALE, A. DAVANNE und AD. MARTIN (*1.*) bestehenden Kommission günstig beurtheilt, wobei noch ausdrücklich hervorgehoben wurde, dass die Politur der in Frankreich üblichen weit überlegen sei. Es mag hier daran erinnert werden, dass aller Wahrscheinlichkeit nach die STEINHEIL'schen Objektive auf Pech und nach Probeglas polirt waren.

F. TEYNARD's Rechnungen.

Sehr bald nach der Aufstellung des Aplanattypus durch A. STEINHEIL finden wir den schon oben erwähnten F. TEYNARD mit einem Einzelobjektiv mit Vorderblende beschäftigt, welches die gleiche Glasfolge aufwies, wie die GRUBB'sche *aplanatic lens* oder die STEINHEIL'sche Aplanathälfte; indessen fand keine Verkittung des Crown- und des Flintglasbestandtheils statt, da die Krümmungen der benachbarten Flächen verschieden waren.

Die vier verfügbaren Radien wurden von ihm durch die Erfüllung der folgenden vier Bedingungen bestimmt:

1. Herstellung des Objektivs mit bestimmter Brennweite.
2. Herbeiführung eines Minimums chromatischer Aberration *(aberration de réfrangibilité)*.
3. Erreichung eines möglichst grossen brauchbaren Gesichtsfeldes.
4. Herbeiführung eines möglichst planen Bildfeldes.

Kommen mehrere Formen in Frage, so ist diejenige zu wählen, welche möglichst geringe Verzeichnung besitzt. Hinsichtlich der Dimensionen ist zu bemerken, dass der Objektivdurchmesser nicht grösser als 0.16 f = f/6.3 und die kleinste Blende nicht kleiner als 0.03 f = f/33 sein dürfe. Die Radien werden auf dem Wege methodischen Tatonnements bestimmt und zwar mit trigonometrischer Rechnung unter Berücksichtigung von Dicken und Abständen. Verfolgt werden zwei unter sich parallele, die Axe schneidende Strahlen auf ihrem Wege durch das System, und ihr Schnittpunkt im Bildraume festgestellt. Sehr wenig exakt erscheint die Methode zur Ermittelung der Brechungsexponenten der benutzten Glasarten, wobei man von einem seinen Radien nach bekannten, aus den betreffenden Glasarten hergestellten Objektiv ausgeht

und nun aus der optischen und aktinischen Einstellungsweite auf einen weit entfernten Gegenstand die Brechungsexponenten und Dispersionen ermittelt.

Ein von F. TEYNARD gerechnetes Objektiv wurde mit 470 mm Brennweite in der SECRETAN'schen Werkstätte ausgeführt und zeigte den gebräuchlichen Objektiven gegenüber eine bessere Randschärfe.

Ob solche Versuche nach TEYNARD'schen Rechnungen bei M. F. L. SECRETAN oder in einer anderen französischen Anstalt weiterhin vorgenommen wurden, habe ich nicht ermitteln können, ebensowenig sind mir spätere Arbeiten F. TEYNARD's zu Gesicht gekommen.

A. PRAZMOWSKI

Ungefähr um die gleiche Zeit mit dem eben Besprochenen, nämlich 1867, begann — allerdings nach einer aus dem Jahre 1876 stammenden Mittheilung — A. PRAZMOWSKI (*2.*) mit der Konstruktion von Objektiven auf Grund von Rechnungen.

ADAM PRAZMOWSKI*) (P.), am 25. März 1821 zu Warschau geboren, ward 1839 an der dortigen Sternwarte Assistent und betheiligte sich an den grossen russischen Expeditionen zur Beobachtung von Sonnenfinsternissen und zur Gradmessung. Im Jahre 1863 ging er, politisch kompromittirt, nach Paris, wo er in dem Geschäft des (1870 aus Paris vertriebenen) E. HARTNACK eine Stelle fand; im Laufe der Zeit (1878) wurde er Eigenthümer der Werkstätte. Er starb vermuthlich Ende der 80er Jahre.

Die ersten, wenig zahlreichen Versuche mit den bezeichneten Objektiven, die von praktischen Photographen angestellt wurden, befriedigten nicht, und erst die Anstellung neuer Proben gelegentlich der Vorbereitung der Expedition zur Beobachtung des Venusdurchganges am 9. Dec. 1874 lieferte bessere Ergebnisse.

Sur l'achromatisme chimique.

Aus diesem Jahre stammt die erste auf A. PRAZMOWSKI zurückzuführende Publikation (*1.*). Er unterscheidet zwischen der gewöhnlichen aktinischen Achromasie, welche auf die Vereinigung des optischen mit dem aktinischen Bilde hinauslaufe, und einer solchen analog der optischen Korrektion, bei welcher das Maximum der aktinischen Wirksamkeit ohne Rücksicht auf die Bequemlichkeit der Einstellung dadurch erzielt würde, dass man eine möglichst vollkommene Vereinigung der kurzwelligen Strahlen herbeiführe, eine Methode, die für astrophotographische Zwecke sich empfehle. Wir haben dieselbe S. 62/63 als eigentlich aktinische Korrektion betrachtet.

Stellt man sich nun die Aufgabe, bei einem zweilinsigen Objektive bestimmter Brennweite chromatische und sphärische Korrektion herbeizuführen, so bleibt noch ein Radius verfügbar, und er bestimmt ihn durch Erfüllung der Forderung J. B. BIOT's eines für axiale und schiefe Büschel stabilen Achro-

*) Nach (P.) PRAZMOWSKY.

matismus. Das führt zur Gleichsetzung beider Innenradien, so dass die beiden Linsen sich mit einander verkitten lassen: die Krümmungen sind bei passender Auswahl der Glasarten solche, dass die Prismen, durch welche man sich die Wirkung der Linsen für einen einzelnen Strahl ersetzt denken kann, für axenparallelen Einfall im Minimum der Ablenkung stehen.

Die Werthe der Radien werden durch methodisches Tatonnement so bestimmt, dass die numerische Rechnung ein möglichst günstiges Resultat ergiebt. Zum Schlusse hob er noch hervor, dass er im Gegensatz zu anderen Autoren, welche für axennahe Strahlen die chromatische Korrektion herbeiführen, diejenigen farbigen Strahlen vereinigt, welche nahe dem Rande auffallen.

Nouveaux objectifs photographiques.

Die oben ausgesprochenen Grundsätze bleiben (*2.*) auch für die photographischen Objektive im eigentlichen Sinne erhalten, nur dass dort die gewöhnliche Methode der Achromatisirung eintritt, bei welcher optisches und aktinisches Bild zum Zusammenfallen gebracht werden.

Die sphärische Korrektion scheint von ihm für violettes Licht analog der STEINHEIL'schen Methode durchgeführt zu sein. Wenigstens lässt sich nur so die Angabe verstehen, dass die Scharfstellung durch Abblendung nicht geändert werde; allerdings muss man dann auch von der Berücksichtigung der sphärischen Zonen absehen.

Der Astigmatismus war ein derartiger, dass den beiden Bildflächen möglichst die gleiche Krümmung, aber in entgegengesetzter Richtung, ertheilt wurde, wodurch das Bildfeld des Objektivs zwar nahezu eben wurde, aber nirgendwo ausserhalb der Axe eine scharfe Zeichnung aufwies.

Présentation d'un nouvel objectif.

In einer weiteren Publikation (*3.*) im folgenden Jahre, 1877, in welcher ein lichtstärkeres Objektiv nach dem Typus des Aplanaten behandelt wird, macht er auf den Einfluss aufmerksam, den die Natur der beiden zum Aplanaten verwendeten Glasarten auf die Form der Einzelobjektive ausübt, wenn man an der Forderung festhält, die Einzelobjektive seien mit einander zu verkitten. Danach werden die Menisken um so tiefer und ihr Abstand um so geringer, je kleiner die Brechungsexponentendifferenz ist, und umgekehrt.

Die Rechnungen wurden unter A. PRAZMOWSKI's eigener Leitung ausgeführt.

F. TEYNARD und A. PRAZMOWSKI sind, soweit meine Kenntniss reicht, die beiden letzten Vertreter der rechnenden Optik in Frankreich, welche in dieser Periode noch Fühlung mit der Praxis haben. Vor Erscheinen der neuen Gläser wird Neues nicht mehr hervorgebracht, und es sind im wesentlichen immer die auf A. STEINHEIL zurückzuführenden Aplanatformen, die unter neuen Namen entweder als Einzel- oder als Satzobjektive von der französischen Optik angeboten werden.

E. DEROGY's Zwischenprisma.

An den Reproduktionsapparaten brachte E. DEROGY (*2.*) 1878 eine Neuerung insofern an, als er das alte CHEVALIER'sche Umkehrprisma nicht vor oder hinter das Objektiv, sondern zwischen die beiden Hälften des Reproduktionsaplanaten brachte. Nimmt man nun an, dass das in dieser Weise behandelte Objektiv einen genügenden Linsenabstand besass, und sieht man von der Schwierig-

keit ab, eine Blende variabler Oeffnung an die richtige Stelle zu bringen, so befindet sich allerdings für Reproduktionen auf gleiche Grösse das Prisma an dem Orte, an welchem entweder ganz oder nahezu paralleler Strahlengang herrscht. Sehr grosse Schwierigkeiten werden sich der richtigen Centrirung entgegengestellt haben, und es scheint nicht, dass diese Konstruktion sich in nennenswerthem Maasse eingebürgert hat.

É. FRANÇAIS' Satz.

Hierher gehört auch der Satz, den JEAN PIERRE ÉMILE FRANÇAIS (* 1830, † 10. Nov. 1890), eine altfranzösische Idee aufnehmend, 1882 unter dem Namen *objectif rectilinéaire à foyers multiples* der Wiener Gesellschaft zur Prüfung vorlegte, und der 1883 durch J. M. EDER (2.) einer genauen Besprechung unterzogen wurde. Es sind hier sechs Linsen vorhanden, von denen aber drei nur in Doppelkombinationen verwandt werden können, während die drei anderen unter sich kombinirt und allein verwandt werden mögen. Beachtet man, dass zwei der sechs Doppelkombinationen fast die gleiche Brennweite liefern, so hat man hier folgende Maassstabsabstufungen: 1, 1.1, 1.4, 1.5, 1.6, 2.0, 2.15, 3.1, die also nicht sehr günstig gewählt sind, da die Abstufungen bei den kleinen Brennweiten unverhältnissmässig zahlreich, bei den grossen dagegen in geringer Anzahl vorkommen.

.. DE LA NOË's Ausgleichsblende.

Eigenthümlich berührt es, 1883 von .. DE LA NOË in einem Doppelobjektiv ein Blendensystem angewandt zu sehen, in welchem sich die abblendenden Ränder in zwei Ebenen befanden, so dass die Apertur der abbildenden Büschel nicht mehr in der einfachen Weise mit der Neigung der Büschelaxen variirte, wie bei einer einfachen Blende. Der Zweck dieser Vorrichtung, in einiger Entfernung von der Mittelblende noch eine lichtundurchlässige Scheibe anzubringen, war der, günstigere Lichtvertheilung auf der Platte zu erzielen, wenn im aufzunehmenden Objekt sehr grosse Helligkeitsunterschiede vorhanden waren. Der Weg ist im Princip derselbe, der mehrere Jahrzehnte früher bereits von TH. SUTTON, TH. GRUBB und R. H. BOW an anderen photographischen Objektiven eingeschlagen worden war.

.. DE CHARDONNET's Durchlässigkeitsuntersuchungen.

Kurze Zeit darauf nahm .. DE CHARDONNET die Behandlung eines Gebietes auf, das vor ihm nur von TH. GRUBB und zwar ganz gelegentlich betreten war, nämlich die Durchlässigkeit der optisch verwendbaren Gläser für Strahlen kurzer Wellenlänge.

Seine Resultate lassen sich kurz dahin zusammenfassen, dass für eine Glassorte diejenige kürzeste Wellenlänge λ charakteristisch ist, die überhaupt noch durchgelassen wird, und dann diejenige Glasdicke e, bei der eben dies

Maximum der Durchlässigkeit noch erhalten ist, d. h. wo sich noch keine weitere Abnahme infolge der Dickenzunahme eingestellt hat. Vergrössert man die Glasdicke über e hinaus, so tritt eine weitere Absorption ein, und es nimmt die Wellenlänge der dann nach der violetten Seite hin gerade noch durchgelassenen Strahlen ungefähr der Dickenzunahme proportional zu.

Beispielsweise ist für englisches Leichtcrown von CHANCE bros.

$$\lambda = 0.300\,\mu \quad \text{und} \quad e = 6\text{ mm},$$

und für einen Dickenzuwachs von 6 mm nimmt die Wellenlänge der dann gerade noch passirenden Strahlen um etwa 0.004 μ zu.

Bei Crownglas von FEIL-GUINAND, *Usine de Saint Gobain*, ist für eine Dicke von 6 mm λ schon 0.305 μ und beim Wachsen der Dicke um 6 mm nimmt die Wellenlänge des äussersten Strahls um 0.005 μ zu. Bei Leichtflint CHANCE'scher Herkunft sind die gleichen Daten — immer für 6 mm starke Platten — $\lambda = 0.308\,\mu$ und 0.006 μ.

Legt man zwei verschiedene Glasplatten zusammen, so ist die endgültig eintretende Absorption enthalten zwischen der des mindestdurchlässigen Glases für sich allein genommen und der Summe aller der Einwirkungen der einzelnen Gläser proportional ihrer Dicke.

Staatspreis für die Objektivkonstruktionen.

Ueber den Zustand der französischen Optik erhalten wir zu gleicher Zeit Auskunft von A. DAVANNE (*3.*). Vom Minister des Unterrichts *(ministre de l'instruction publique)* war ein Preis von 2000 fr. für die Untersuchung und Herstellung neuer Objektivtypen im Jahre 1879 ausgeworfen und der *Société Française de Photographie* zur Vertheilung überantwortet. Die Herstellung musste in Frankreich geschehen, und es sollte dabei hauptsächlich auf die Bedürfnisse des Forschungsreisenden Rücksicht genommen werden. Der Preis wurde auch 1884 nicht ertheilt, weil keine neuen Typen zur Vorlage gekommen waren; es hatte sich auch nur ein Bewerber gemeldet.

Auch aus diesem Falle kann man ersehen, dass die französische Regierung gut über den Stand der heimischen photographischen Optik unterrichtet war und geeignete Schritte zu thun sich bemühte, um diesem Gewerbe aufzuhelfen. Es ist ferner anzuerkennen, dass man sich in der Entscheidung zwischen den Objektiven heimischer und fremder Herkunft nicht durch das in Frankreich gewiss empfindliche Nationalgefühl beirren liess, sondern dass — eine äusserst erfreuliche Erscheinung — mindestens eine Anzahl in ihrem Kreise hervorragender Männer, soweit man nach ihren schriftlichen Aeusserungen urtheilen kann, einen völlig objektiven Standpunkt vertraten.

A. DE LA BAUME-PLUVINEL's Methode der Brennweitenbestimmung.

Was nun noch als in unser Gebiet fallend zu betrachten ist, hat mehr den Charakter einer gelegentlichen Bemerkung. So theilt A. DE LA BAUME-PLUVINEL eine Methode der Brennweitenbestim-

mung mit, welche auf der Messung der Entfernung zweier Sternbilder auf der Platte und der genauen Kenntniss ihres Winkelabstandes beruht. Die Methode scheint genauer zu sein, als sie wirklich ist, denn die Verzeichnung des Objektivs, die sicher vorhanden ist, wird dabei gar nicht berücksichtigt.

Auf die MOËSSARD'sche Auffassung der Bildweite in ihrer Abhängigkeit von der Abblendung werden wir später noch zu sprechen kommen.

Rückblick.

So stellt sich denn dieser Zeitraum für die französische Optik dar als arm an Neuerungen; allerdings ist es als ein mit in Frage kommender Grund anzusehen, dass es der rechnenden Optik allem Anschein nach nicht gelang, in Frankreich festen Fuss zu fassen. Anderseits muss aber auch darauf hingewiesen werden, dass mit der Form, welche das GRUBB'sche Einzelobjektiv im STEINHEIL'schen Aplanaten erlangt hatte, im wesentlichen die Leistungsfähigkeit der alten Glasarten ausgenutzt war. Von Versuchen, die neuen Gläser etwa in die alten Typen einzuführen, hören wir in dieser Zeit in Frankreich nichts.

4. Die Zeit der modernen Objektivkonstruktionen.

Ganz allmählich beginnt sich das Interesse an den Objektiven wieder zu heben, und es zeigt sich das zunächst in der erhöhten Aufmerksamkeit, die der Beschreibung und den Methoden der Prüfung der photographischen Objektive geschenkt wird. Es ist dies zwar ein Gebiet, welches nur uneigentlich unter unser Thema fällt, doch soll hier kurz darauf hingewiesen werden.

P. MOËSSARD's *volume focal*.

Zunächst tritt uns da 1887 der Ingenieuroffizier P. MOËSSARD (*1.*) mit seinen Untersuchungen über die Ausdehnung der Schärfe entgegen.

Während man in Deutschland gewohnt war, die Tiefenfrage nur insoweit zu behandeln, als Punkte in oder nahe der Axe in Frage kamen, und man dabei von einem aberrationsfreien Objektiv ausging — ein Standpunkt, der in der Tiefenfrage dem rechnenden Optiker sehr nahe liegt — begann man in Frankreich damit, sich durch experimentelle Untersuchungen über die Tiefe auch seitlich der Axe Klarheit zu verschaffen, und führte zu diesem Zwecke das *volume focal* ein, welches sich, soweit ich unterrichtet bin, zuerst in der erwähnten Schrift P. MOËSSARD's findet. Man versteht darunter denjenigen dreidimensionalen Raum, in welchem die Un-

schärfe — sei sie nun durch Abbildungsfehler des Objektivs oder durch mangelnde Tiefe verursacht — einen bestimmten Betrag noch nicht überschreitet. Dieser Schärfenraum hat ungefähr die Form eines gegen das Objektiv hohlen Meniskus, und man muss daher, wenn man das grösstmögliche Plattenformat ausgezeichnet haben will, die Mattscheibe die innere Grenzfläche des Schärfenraumes berühren lassen. Da nun die Lage dieser Grenzflächen

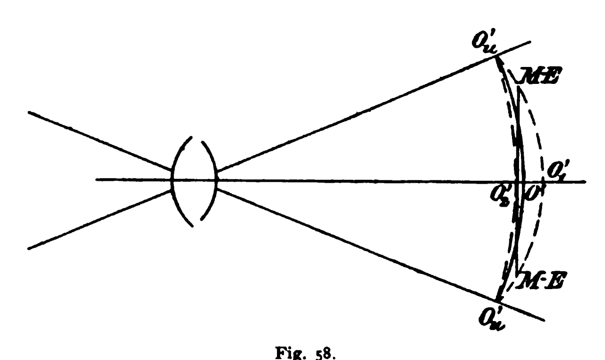


Fig. 58.

Schematische Darstellung des *volume focal.*

$O'_u O' O'_u$ — gekrümmtes Bildfeld.

$O'_u O'_1 O'_u O'_2 O'_u$ — Begrenzung des *volume focal* für eine bestimmte Abblendung des Systems.

M-E M-E Stellung der Mattscheibe für Erzielung des Maximalformats.

sich mit der Variation der Blendenöffnung ändert, so gilt das Gleiche auch von der Lage der Mattscheibe, wenn man durch ausgleichende Einstellung die Schärfe über ein Maximalformat vertheilen will.

Diese Auffassung hat ohne jede Frage ihre Vortheile hinsichtlich der praktisch-experimentellen Prüfung; für theoretische Zwecke wird man die gesonderte Betrachtung der verschiedenen Ursachen von Unschärfe vorziehen, die wir durchzuführen uns bemüht haben.

Tourniquet. Derselbe Verfasser (*2.*) beschreibt uns zwei Jahre später, 1889, seinen *tourniquet* genannten Apparat zur Objektivprüfung. Bei der Konstruktion desselben ist von der Erscheinung Gebrauch gemacht, dass die Richtung der von weit entfernten Objekten kommenden Hauptstrahlen unverändert bleibt, wenn man das Objektiv um eine vertikale, durch seinen hinteren Hauptpunkt gehende Drehungsaxe rotiren lässt. Dabei ist auch richtig darauf hingewiesen, dass die Regel nur solange streng gilt, als man von

der Verzeichnung absieht, dass man aber diesen Bildfehler nach richtiger Lagerung der Rotationsaxe gerade an dem *tourniquet* gut bestimmen könne.

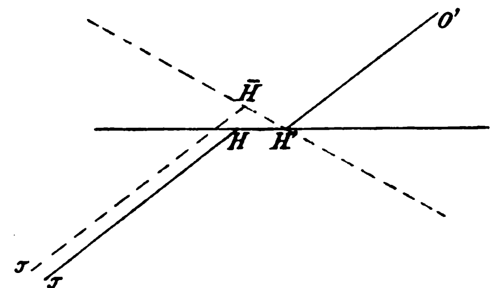


Fig. 59.
Princip des *tourniquet*.
H H' Hauptpunkte eines photographischen Objektivs.
H H' — erste / H̄ H' — zweite } Axenrichtung { vor / nach } der Drehung.
Da die Hauptstrahlrichtung H̄ J sich gegen H J garnicht ändert, so bleibt die Richtung H' O' ebenfalls unverändert.

Derselbe Gedanke der Konstanz des Bildortes weit entfernter Gegenstände bei Drehungen des Objektivs um eine durch den hinteren Hauptpunkt gehende axensenkrechte Gerade liegt auch schon dem *cylindrographe* P. Moëssard's, einem Panoramenapparate mit cylindrischem Film, zu Grunde. *Cylindrographe.*

Um dieselbe Zeit, 1889, erschien der erste Band des grossen *Traité encyclopédique* von Charles Fabre, damaligem Docenten, jetzigem Professor an der Universität zu Toulouse. Ch. Fabre's *Traité encyclopédique.*

Analog dem noch umfassenderen Eder'schen Handbuche will auch Ch. Fabre das Wissen seiner Zeit auf photograpischem Gebiete zusammenfassen und widmet den photographischen Objektiven längere Abschnitte sowohl in dem Hauptwerk als in den 1892 und 1897 erschienenen Supplementbänden. An dem Werth solcher Zusammenstellungen kann wohl kein Zweifel bestehen, doch befolgen sie naturgemäss in ihrem Streben nach Vollständigkeit hinsichtlich der bestehenden Formen andere Zwecke als wir, die wir uns mit der Entstehung und Verbesserung der Typen zu beschäftigen haben. Wenn infolgedessen solche Bücher einer eingehenden Besprechung nicht unterzogen worden sind, so sei doch hervorgehoben, dass der Verfasser diesen Sammelwerken viele dankenswerthe Hinweise auf Quellen verdankt.

Schon in dem nächsten Jahre, 1891, finden wir den Bericht

des Generals . . SEBERT (*1.*) über einen Apparat von J. CARPENTIER, welcher für die Bestimmung der Aequivalentbrennweiten empfohlen wurde. Es liegt übrigens der Methode die Formel zu Grunde $f = \frac{d}{tg\,u}$, und sie scheint mit dem früher von A. DE LA BAUME-PLUVINEL gemachten Vorschlage, was die theoretische Basis angeht, übereinzustimmen. Auch hier kann ich nicht finden, dass auf die Verzeichnung, welche den Werth von f doch nicht unbeträchtlich zu fälschen vermag, Rücksicht genommen wurde.

E WALLON über phot. Optik.

Ungefähr gleichzeitig erschien ein von dem Pariser Gymnasialprofessor E. WALLON (*1.*) verfasstes Buch über photographische Optik.

Der theoretische Theil desselben ist elementar gehalten und sehr klar, bleibt jedoch im wesentlichen bei der GAUSS'schen Theorie, die durch einige Zusätze von A. BRAVAIS bereichert hier vorgetragen wird. Dem Verfasser wird es namentlich bei der Behandlung der Verzeichnung (*80/81*) klar, dass das photographische Objektiv mit seinen Strahlen endlicher Neigung zur Axe die Anwendung der GAUSS'schen Theorie nicht unmittelbar gestatte, aber er macht sich noch nicht von der Methode frei und betrachtet vor allem noch nicht den thatsächlichen Strahlengang. Die Beschreibung der Objektive und der Vortrag der Prüfungsmethoden nimmt auch in seinem Buche einen grossen Raum ein, Abschnitte bildend, die sicherlich ihren Werth haben, die aber, wie schon gesagt, ausserhalb des Rahmens unserer Arbeit fallen. Es ist indessen sehr anzuerkennen, dass der Verfasser entschieden bemüht ist, bei der Aufzählung der Typen auf die Urformen zurückzugehen, so ist beispielsweise beim Aplanattypus die Hauptzahl der späteren Benutzer unerwähnt gelassen. Den Jenaer Gläsern wird vorerst nur geringe Aufmerksamkeit geschenkt, und ihre Haltbarkeit wird angezweifelt.

In einem zweiten Theile werden Rechnungsbeispiele gegeben und graphische Konstruktionen konjugirter Punkte. Auch auf die sphärische Aberration unter Berücksichtigung der zweiten Potenz der Einfallshöhe wird eingegangen und wenigstens in einem Falle die astigmatische Differenz infolge schiefer Brechung an einer Fläche berechnet.

In einem ähnlichen Sinne, dem einer Beschreibung der Eigenschaften photographischer Objektive, finden wir auch den internationalen Photographenkongress in Brüssel 1891 beschäftigt. Er empfahl, wie uns der General . . SEBERT (*2.*) berichtet, die Bildung autorisirter Prüfungsstationen nach dem Muster der in Kew errichteten. Ausserdem wurde der Wunsch ausgesprochen, die Fabrikanten photographischer Objektive möchten die Angaben über ihre Erzeugnisse dadurch vervollständigen, dass sie die Aequivalentbrennweite, den wirksamen Linsendurchmesser und den Durchmesser des brauchbaren Bildfeldes mittheilten, die Bestimmung welch letzteren dem subjektiven Ermessen des Fabrikanten allerdings beträchtlichen Spielraum lässt.

Die Anastigmate.

Dieser ruhige und beschauliche Zustand wird nun in einer sehr lebhaften Weise durch die Kunde von den Erfolgen gestört, welche die deutsche konstruktive Optik inzwischen errungen hatte. War doch das Interesse nur mässig gewesen, mit welchem man in Frankreich der stetigen Entwicklung der rechnenden Optik in Deutschland gefolgt war, und nur Männer wie F. Teynard und A. Prazmowski waren einsichtig genug gewesen, die Ueberlegenheit anzuerkennen, welche wissenschaftliche Leitung der konstruktiven Optik verleiht. Aber der erstere entschwindet ganz unseren Augen, und bei dem letzteren sind wir weder über den Umfang seiner Rechnungen im klaren, noch wissen wir, ob er seine Kenntniss in Frankreich verbreitete. Auch die Methode der Vorrechnung, welche A. Martin (*2.*) 1877 veröffentlicht hatte, war an den französischen Optikern unbeachtet vorübergegangen; die Benutzung der Jenaer Gläser hatte wohl unter den Männern der Wissenschaft Aufsehen erregt — Ch. Fabre wies 1887 auf die neue Glasarten enthaltenden Objektive Fr. Voigtländer's hin — aber unter den Optikern scheint nur Claude Berthiot diese Mahnung beachtet zu haben. Die neuen, aus Jenaer Gläsern gefertigten Aplanate dieses Optikers wurden wenigstens schon 1891 von Ch. Fabre erwähnt und sind möglicherweise mit den im Jahre darauf von dem gleichen Autor (*3.*) beschriebenen „*perigraphes extra-rapides*“ mit der relativen Oeffnung von 1 : 11 identisch.

Ch. Fabre's Vortrag.

Der Vortrag, den Ch. Fabre (*2.*) am 5. Januar 1891 vor der *Société Française de Photographie* zur Einführung der Anastigmate hielt, würdigte nun vollkommen den gewaltigen Fortschritt, der durch die Erfolge von E. Abbe und O. Schott ermöglicht und in den vorgelegten Konstruktionen erreicht sei, und beschrieb das Neue an denselben in einer durchaus zutreffenden Weise. Die beruhigenden Bemerkungen, welche er hinsichtlich der Haltbarkeit der Glasarten an die Mittheilung der Resultate knüpfte und mit denen er zu ihrer Benutzung aufforderte, kennzeichnen ihn so recht als eines jener Mitglieder der französischen Gesellschaft für Photographie, welche in klarer Erkenntniss der Lage den Stand der französischen Optik zu heben suchen und so derselben jede nur mögliche Hilfe zu verschaffen bestrebt sind. Sie fühlen sehr deutlich, dass alles darauf ankomme, die Optik ihres Landes in engere Fühlung mit der Wissenschaft zu bringen. Aber die Lösung dieser Aufgabe war nicht leicht, denn auf dem Gebiete der rechnenden Optik war in Frankreich von je her nicht viel gearbeitet worden, und in bedenklicher Weise fehlte jetzt der Zusammenhang zwischen

Theorie und Praxis. Da trat ein Mann in die Bresche, der unter den Franzosen jener Zeit wohl die meiste Erfahrung in der Berechnung optischer Systeme hatte, der Professor am *Collège Ste. Barbe* in Paris (P.), ADOLPHE ALEXANDRE MARTIN [* 27. Sept. 1824, † 3. Mai 1896].

AD. MARTIN's Leben.

Schon einmal war er uns 1868 entgegengetreten als der Sprecher einer Kommission zur Berichterstattung über die von A. STEINHEIL zur Begutachtung eingesandten Objektive, und hatte da gezeigt, dass sein Blick fremden Leistungen gegenüber nicht getrübt war; so hatte er die Vorzüge der STEINHEIL'schen Polirmethode klar erkannt und ausgesprochen. Zu einem solchen Urtheil war er infolge seiner praktischen Erfahrungen sehr wohl berechtigt, denn er war, wie uns A. DAVANNE (*4.*) berichtet, als einziger Schüler LÉON FOUCAULT's diesem berühmten Astronomen und Physiker bei der Herstellung des Siderostaten und des grossen Teleskops behilflich gewesen. Den Aufgaben der rechnenden Optik stand er nicht fremd gegenüber, hatte er sich doch schon 1867 mit der GAUSS'schen Linsentheorie beschäftigt und zehn Jahre darauf eine Methode (*2.*) veröffentlicht, welche zur Vorrechnung bei Fernrohrobjektiven sehr wohl verwendbar war. Der *Société Française* gehörte er seit ihrem Bestehen an und hatte sich als Erfinder der Ferrotypie einen weit bekannten Namen gemacht. Eine schwere Krankheit, die auch seinen Tod herbeiführen sollte, befiel ihn im Anfang der 90er Jahre und verursachte seine Uebersiedelung von Paris nach dem kleinen bretonischen Küstenplatz *Courseulles-sur-mer*. Trotz dieser Hinderungsgründe liess er sich zur Fortführung jener unbeachtet gebliebenen Anleitung vom Jahre 1877 veranlassen und wurde bei seinen letzten Publikationen durch die thatkräftige Mithilfe von E. WALLON unterstützt, der wohl als der Erbe seiner Ideen zu bezeichnen ist.

An dem Preisausschreiben der *Société Française* für Objektivkonstruktionen (S. 130) hatte er sich 1890 mit einem Landschaftsweitwinkel betheiligt, der, wie A. LONDE uns berichtet, mit 1000 fr., der Hälfte des vom Kultusminister gestifteten Preises ausgezeichnet wurde; und an diesem Beispiele wird 1892 seine Theorie der Berechnung photographischer Objektive von ihm (*3.*) sehr klar auseinandergesetzt.

Determination des courbures.

Auf Grund der 1877 veröffentlichten Vorschriften werden die Radien einer dickenlosen, zweifachen Linse mit Crown voraus durch die Maassstabsgleichung, Herbeiführung der chromatischen Korrektion und der sphärischen in erster Annäherung, und durch die Verkittbarkeit der Innenflächen vorausbestimmt, und zwar wird dasjenige System von Wurzeln gewählt, in welchem die Vorderfläche der Crownglaslinse konkav ist. Begründet wird diese Wahl damit, dass

einmal ein aus zwei solchen Linsen gebildetes Doppelobjektiv sehr stark gewölbte Aussenflächen habe, mithin von den schiefen Büscheln unter verhältnissmässig kleinen Incidenzen durchsetzt werde, anderseits aber die Erfüllung der PRAZMOWSKI'schen Bedingung hinsichtlich des Minimums der Ablenkung von axenparallelen Strahlen (s. S. 128) durch solchen symmetrischen Typus leichter erreichbar sei. Dabei ist es aber von Wichtigkeit, darauf hinzuweisen, dass die Wahl der beiden für die Achromatisirung nothwendigen Glasarten für die Form des Einzelobjektivs von grosser Bedeutung ist. In Uebereinstimmung mit dem von A. PRAZMOWSKI (3.) angegebenen Resultat findet auch A. MARTIN den Einfluss des Quotienten

$$N = \nu_{\text{flint}} : \nu_{\text{crown}}$$

derart, dass bei möglichster Annäherung desselben an die Einheit die Herbeiführung der sphärischen Korrektion für die dünne zweifache Linse eine stärkere Durchbiegung der Menisken erfordere.

Ist nun die Vorrechnung für die dünne Linse erledigt, so werden zwei Exemplare derselben einander so gegenüber gestellt, dass die Konvexität der Flächen überall nach aussen gerichtet ist, und zwar werden die Linsendicken und der Abstand so bestimmt, wie es der Zweck des Objektivs — hier also die Grösse des erstrebten Winkels — erheischt.

Das so gebildete Doppelobjektiv soll nun durch kleine Aenderungen der Radien im ganzen für den der trigonometrischen Rechnung zu Grunde gelegten parallelen Strahlengang korrigirt werden; dabei wird zunächst, immer unter Wahrung der symmetrischen Form, die Hebung der chromatischen Abweichung in den Vereinigungsweiten der Axenstrahlen durchgeführt und dann unter Beibehaltung der so ermittelten Linsenstärken mittels Durchbiegung ein Randstrahl mit dem Axenstrahl vereinigt. Dabei ist die Absicht, strenge sphärische Korrektion für eine zwischen gelb und violett gelegene Mittelfarbe durchzuführen', während die beiden extremen Farben wenigstens im wesentlichen *(sensiblement)* Vereinigung der Mittel- und Randstrahlen zeigen sollen. Ist bis dahin stets nur von dem Vereinigungspunkt und der Schnittweite die Rede gewesen, so wird zum Schluss ohne deutlichen Zusammenhang mit dem Vorhergehenden die Regel angegeben, dass die Aequivalentbrennweiten der Randstrahlen durch die Bildung des Quotienten $\frac{h}{\sin u'}$ gefunden würden. Indessen wird für die Korrektion des Objektivs keine Anwendung von dieser Kenntniss gemacht, sondern die Aufgabe des Rechners ist nach A. MARTIN vollendet, sobald auch noch die PRAZMOWSKI'sche Bedingung für parallelen Strahlengang erfüllt ist, ein Zustand, der durch kleine Variationen des Linsenabstandes erreicht werden kann. Es sei noch erwähnt, dass die PRAZMOWSKI'sche Bedingung in der Form ausgesprochen ist, dass das Produkt der Cosinus der Incidenzwinkel gleich sein muss dem Produkt der Cosinus der Brechungswinkel.

Kommen wir nun zu der Besprechung der praktischen Resultate, so ist die relative Oeffnung des Musterobjektivs von 1 : 34.9 entschieden als zu klein anzusehen, und es ist sehr zu bedauern, dass nur der Randstrahl und keine Zwischenstrahlen gerechnet wurden. Wie einmal die Rechnung angelegt ist, sind die sphärischen Abweichungen an und für sich klein; es konnte daher die chromatische Differenz der sphärischen Aberrationen nur unbedeutend erscheinen und nicht die Aufmerksamkeit in höherem Grade auf sich lenken.

Wäre ein Objektiv mit grösserer Oeffnung und für mehrere parallele Strahlen gerechnet worden, so wären auch die Zonen und ihre Aenderung mit der Wellenlänge mehr zu ihrem Rechte gekommen. Garnicht behandelt finden wir die für photographische Objektive so wichtigen schiefen Büschel; hier ist der Einfluss der Schulung A. MARTIN's auf Fernrohrobjektive am deutlichsten.

Wirkung der Arbeit.

Diese ganz gewiss verdienstliche und für Optiker ohne Erfahrung im trigonometrischen Rechnen auch werthvolle Arbeit fand viel Beachtung, aber wenig Benutzung. Man geht aber wohl kaum zu weit, wenn man annimmt, dass die Erwartung der leitenden Kreise unbillige Anforderungen an die Optiker stellte. An und für sich kann man erst nach längerer Zeit Früchte von einer so schwer Wurzel schlagenden Pflanze erwarten, wie das die Rechnungsmethoden der geometrischen Optik sind, und dann darf man auch nicht vergessen, dass die MARTIN'sche Anleitung, so gut sie zur ersten Einführung war, doch sehr wesentliche Bedürfnisse der photographischen Optik, so die Berücksichtigung der schiefen Büschel, ganz ausser Acht liess.

Man scheint aber in Frankreich die Schuld anderswo gesucht zu haben, möglicherweise machte auch die zu den ZEISS-Anastigmaten hinzugekommene GOERZ'sche Konstruktion und der grosse Erfolg der neuen Typen die französischen Optiker und Theoretiker nervös; jedenfalls veröffentlichte schon im nächsten Jahre, 1893, A. MARTIN (4.) eine Umarbeitung seiner Vorrechnungsmethode vom Jahre 1877, vermehrt durch Vorschriften und Beispiele, wie sie etwa den Optikern des photographischen Objektivs von Nutzen sein konnten.

Méthode directe.

Das Wesentliche dieser Arbeit besteht darin, dass die Bedingungen für Achromasie und die Anullirung des ersten Gliedes der sphärischen Aberration (entwickelt nach Potenzen der Einfallshöhe) in Form von Gleichungen niedergeschrieben werden und eine leichte Verbindung mit anderen Bedingungen gestatten. Als solche treten die CLAIRAUT'sche Forderung (Verkittbarkeit der Innenflächen) oder die von A. PRAZMOWSKI auf. Dabei wird hinsichtlich des zweifachen Objektivs kaum etwas vorgebracht, was wir nicht schon bei der Analyse der ersten Arbeit unseres Autors behandelt hätten, das Neue tritt uns erst da entgegen, wo A. MARTIN auf die aus drei Theilen zusammengekitteten Einzellinsen zu sprechen kommt.

Wie eine Reihe von Theoretikern, ich erinnere hier nur an TH. SUTTON, sucht auch A. MARTIN die Steigerung seiner optischen Mittel für einen höheren Grad der Achromasie auszunutzen und nimmt sich die Mühe, die Gleichungssysteme für eine Achromatisirung dreier Farben aufzustellen und ihre Lösungen zu diskutiren. In deutlicher Anlehnung an die Form der Hälfte des Doppelanastigmaten wird dann eine dreifache, verkittete Einzellinse berechnet; dieselbe ist aber in keiner Weise als eine Nachahmung zu bezeichnen, weil die Wahl der Glasarten ganz anders, nämlich so getroffen wurde, dass kein allmähliches Anwachsen der Brechungsexponenten stattfand. Auch die PRAZ-

MOWSKI'sche Bedingung wird am Schlusse der Untersuchung auf algebraische Form gebracht und gezeigt, dass man bei einem aus drei Linsen bestehenden Einzelobjektive sowohl dieser als auch der CLAIRAUT'schen genügen kann neben den drei unerlässlichen Forderungen der sphärischen Korrektion, der Achromatisirung für zwei Farben sowie der Einhaltung eines bestimmten Maassstabes. An eine Durchrechnung für schiefe Strahlen ist auch hier nicht gedacht.

Dass A. MARTIN im allgemeinen für das Zusammenlegen der Hauptpunkte eintrat und darin eine wesentliche Verbesserung des Typus erkannte, wird uns mehrfach von E. WALLON (so *2. 40.*) berichtet. Er verfällt so jedenfalls unabhängig auf den Gedankengang von C. A. STEINHEIL, der dort einer Kritik unterworfen werden soll. Wir sehen in dieser Auffassung den Einfluss jener für Ueberschlagsrechnungen so werthvollen GAUSS'schen Theorie, deren Bedeutung für photographische Objektive auf Kosten der Betrachtung des wirklichen Strahlenganges überschätzt worden ist und hier, ähnlich wie in Deutschland, verwirrend gewirkt hat.

E. WALLON'S *choix et usage.*

Hier reiht sich ein kleines Heftchen von E. WALLON (*2.*) an, aus welchem ein Fortschritt gegen die frühere Schrift dieses Forschers sehr deutlich erkennbar wird. Für uns ist daraus von Interesse die bestimmte und unzweideutige Einschränkung seiner früheren Aussage über die Jenaer Gläser, deren Haltbarkeit, soweit die photographisch wichtigen Sorten in Betracht kommen, jetzt ausdrücklich bescheinigt wird. Eine Reihe der deutschen Optik längst geläufiger Vorstellungen werden aufgenommen, so die, dass es nicht genüge, die Schnittweiten zu achromatisiren, sondern dass zur Vermeidung der chromatischen Vergrösserungsdifferenz auch die Länge der Aequivalentbrennweite zum Gegenstand chromatischer Korrektion gemacht werden müsse. Der PETZVAL'schen Bedingung für die Ebenheit des Bildfeldes wird zur Erklärung des anastigmatischen Princips Erwähnung gethan, und in klarer und unumwundener Weise die Wichtigkeit der RUDOLPH'schen Entdeckung gewürdigt. Die schiefen Strahlen sind hier nicht ganz mit Stillschweigen übergangen, doch ist mit einem Hinweis auf das Handbuch der angewandten Optik von A. STEINHEIL und E. VOIT auch jetzt für E. WALLON dies Thema abgethan.

Derselbe Forscher tritt jetzt, wo sich A. MARTIN ganz zurückgezogen hatte, in dessen Stelle als anerkannte Autorität auf dem Gebiete der rechnenden Optik, und man hielt Belehrung auf diesem Felde für so wichtig, dass er 1893/94 öffentliche Kurse für Optiker abhalten konnte, in denen er die MARTIN'schen Methoden der Objektivberechnung abhandelte. Wohl eine Folge dieser näheren Be-

rührung mit Praktikern ist es, wenn er 1894 eine Studie über ein Objektiv (*3.*) veröffentlichte, das den französischen Optikern als Unterlage für systematische Versuche dienen sollte.

Lentille d'Étude.

Gehen wir auf diese Veröffentlichung etwas näher ein, so wählt er als Typus der Einzellinse den der Hälfte des Doppelanastigmaten von C. P. Goerz und thut auch dieses Umstandes ausdrücklich Erwähnung. Wir bemerken, dass er sich bemüht, nur solche Gläser zu verwenden, die in Paris von der Firma . . Mantois hergestellt wurden. Trotz alledem kann das Objektiv nicht als eine einfache Nachahmung des Goerz'schen Typus angesehen werden, weil der Versuch gemacht wurde, drei Farben zur Vereinigung zu bringen, und da ausserdem gänzlich andere Glasarten zur Benutzung kamen. Die relative Oeffnung war eine ziemlich beträchtliche, weit grösser als bei der Martin'schen Studie, nämlich 1 : 13, aber wieder war nur der eine Randstrahl gerechnet, und so konnte E. Wallon seinen Lesern keine solche Vorstellung von sphärischen Zonen vermitteln, wie man sie aus den $1^1/_2$ Jahre früher in der Goerz'schen Patentschrift angegebenen Zahlen sich bilden konnte. Die astigmatische Deformation der abbildenden Büschel blieb nach A. Martin's Vorgange rechnerisch unbehandelt: für das Diaphragma sollte der beste Platz durch Versuche bestimmt werden, der Astigmatismus würde dann infolge der Wahl der Gläser genügend korrigirt sein.

Der Wunsch E. Wallon's ging nicht in Erfüllung, das Objektiv ist nie ausgeführt worden, da die eine der bei der Berechnung zu Grunde gelegten Schmelzen der Mantois'schen Glashütte ausgegangen war, und sie ein identisches Ersatzglas nicht liefern konnte.

Die französische theoretische Optik.

In theoretischer Hinsicht sind die Ansichten E. Wallon's in Frankreich wohl zur Herrschaft gelangt; man möchte das wenigstens aus dem neuesten Werke P. Moëssard's (*3.*) schliessen, das eine Wiedergabe eines 1897 an der *Société Française* gehaltenen Kursus über photographische Optik ist. Wir finden hier im wesentlichen den Standpunkt A. Martin's und E. Wallon's mit der schönen Klarheit vertreten, welche so vielen französischen Lehrbüchern eigen ist. Auch hier ist unzweideutig der gewaltige Fortschritt hervorgehoben, der durch P. Rudolph's Arbeiten angebahnt und erreicht ist.

Beschliessen wir hiermit die Betrachtung, die wir den rein theoretischen Bestrebungen in Frankreich widmen, so ist es über allem Zweifel erhaben, dass die Absicht, die französische Optik auf die neuen Hilfsmittel aufmerksam zu machen, sehr energisch ausgeführt worden ist. A. Martin und E. Wallon gebührt auch das Verdienst, wichtige Rechenmethoden den französischen Optikern nahe gebracht zu haben; und sollte einmal ein neuer, unabhängiger Objektivtypus auf französischem Boden entstehen, so würde ein Theil dieses Erfolges sicher auf die Thätigkeit dieser Männer zurück-

zuführen sein. Die Ehrung, die E. WALLON*) 1897 durch die Verleihung der Medaille *de Salverte* erfuhr, ist eine nur verdiente gewesen.

Der neueste Stand der konstruktiven Optik in Frankreich.

Gehen wir nun zurück auf den Zustand der französischen Optik, wie wir ihn 1891 nach Erwähnung des FABRE'schen Vortrages verlassen haben, so stieg das Interesse an den neuen ZEISS'schen Objektiven ganz erheblich, seitdem dieselben in Paris hergestellt wurden. Da das französische Patentgesetz die Einfuhr patentirter Waaren aus Deutschland untersagt, so mussten die Anastigmate in Frankreich hergestellt werden, und das geschah durch Uebernahme der Fabrikationslicenz von der Pariser Firma E. KRAUSS & CIE. Die Vorlagen neuer Konstruktionstypen auf Grund des Anastigmatpatents, die nach P. RUDOLPH's Rechnungen in Paris hergestellt wurden, mehrten sich, und damit wuchs das Interesse des französischen Publikums an diesen Objektiven. Auch C. P. GOERZ führte 1893 seinen Typus in Paris vor, und dieses Instrument errang sich ebenfalls grossen Beifall.

Die französische Optik verhielt sich in der ersten Zeit ganz passiv, und nur gelegentlich hört man von neuen, wohl noch nach dem Aplanattypus gebauten Objektiven, wie 1893 dem Weitwinkel A. GORDE's, dem *„synoscope"* (von *σὺν* zusammen, mit und *σκοπέω*). Im gleichen Jahre wurden auch in Paris Versuche gemacht, ein allgemeiner verwendbares Teleobjektiv zu konstruiren, und M. HOUDAILLE (*2.*) gab der Pariser Optikerfirma CLEMENT & GILMER die Daten zur Konstruktion eines Teleobjektivs an, wobei nach seiner Aussage die Krümmungsradien durch Anwendung eines nicht näher beschriebenen graphischen Verfahrens gefunden worden waren.

Allmählich aber fanden auch die neuen Ideen der Objektivkonstruktion bei den französischen Optikern Eingang, und es erschienen in jedem Jahre von 1894 ab Objektive heimischer Herkunft, die hauptsächlich von E. WALLON der *Société Française de Photographie* vorgelegt wurden und unter dessen Namen im Index des *Bulletin* angegeben sind. Von einer Besprechung derselben sehe ich hier ab, schon deshalb, weil genauere Angaben über dieselben in den mir zugänglichen Quellen nicht zu finden waren; soweit allgemeinere Konstruktionsprincipien mitgetheilt wurden, scheinen die fraglichen Typen in engster Anlehnung an die Anastigmat- oder Doppelanastigmatkonstruktionen zu stehen und unter die bezüglichen Patentansprüche zu fallen. Den Grundsätzen ent-

---

*) B. S. F. 1897. (2) **13.** 147.

sprechend, nach denen meine Schrift verfasst ist, musste auf eine Aufnahme dieser Typen und der Namen ihrer Verfertiger verzichtet werden.

Objektivprüfungsmethoden.

Es bleibt uns nur noch übrig, der verschiedenen Prüfungsmethoden Erwähnung zu thun, die, wie erwähnt, schon sehr frühzeitig in Frankreich Interesse erregten. Eine gute Zusammenstellung der verschiedenen Verfahren findet sich in den drei aufgeführten Bänden von CH. FABRE's *Traité encyclopédique*. Denselben ist Eines gemeinsam, sie können aufgefasst werden als eine logische Weiterentwicklung der alten Prüfungsmethoden auf chemischen Focus, wenigstens soweit die Untersuchung auf Bildfeldkrümmung und Astigmatismus in Frage kommt. Der Unterschied ist nur der, dass die alte Methode im wesentlichen sich auf die Axe beschränkte und nur aus der völligen Unmöglichkeit, die Testobjekte alle auf der Axe und doch alle gleichzeitig dem Objektiv sichtbar anzubringen, eine Anordnung traf, die die letzte Forderung erfüllte und die Testobjekte nur unter ganz kleinen Winkeln erscheinen liess. Demgegenüber wünscht die neuere Methode gerade die Orientirung im Raum, benutzt aber dazu die gleichen Mittel. So findet sich die nach hinten allmählich ansteigende Reihe von Kanten bei M. HOUDAILLE (*1.*) wieder, während J. PAUL's Methode nach CH. FABRE (*1. B. 51.*) in einer sehr hübschen Modifikation von . . BAILLE und CH. FERY wiederkehrt. P. RUDOLPH (*9.*) verwendet zur Orientirung das ROSS-CLAUDET'sche Focimeter in grösserer Anzahl, während W. ZSCHOKKE die KNIGHT'sche Methode entsprechend ummodelt; immer aber kommt es darauf an, die Wiedergabe gesetzmässig im Raum vertheilter Marken auf der Platte zu untersuchen und dadurch einen Aufschluss über die Korrektion schiefer Büschel zu gewinnen.

Für die Schärfenprüfung sind die verschiedensten Methoden in Vorschlag gebracht, die wohl sämmtlich das subjektive Ermessen nicht völlig auszuschliessen im Stande sind.

Nach allem, was wir aus den verschiedenen Berichten zu entnehmen vermögen, ist das officielle Prüfungsverfahren für Objektive in Frankreich besonders ausgebildet, und verschiedene Fachausdrücke, wie beispielsweise das oben besprochene *volume focal*, der Schärfenraum, sind nur aus dieser Beschäftigung mit der Praxis zu erklären. Wenn nun bestimmt zuzugeben ist, dass wir dadurch gute Orientirung über manche theoretisch schwierig zu behandelnden Fragen — beispielsweise Tiefenschärfe auf seitlichen Hauptstrahlen bei gegebener Abblendung für die Hauptaxe — erhalten können, so ent-

fernt sich, wie schon bemerkt, die Beschreibung des Prüfungsvorganges doch zu weit von unserem Thema.

Rückblick auf die französische Optik.

Fassen wir zum Schluss die wichtigsten Punkte in der Geschichte der französischen Photo-Optik zusammen, so hielt ein merkwürdiges Missgeschick die in der Geschichte der reinen und angewandten Mathematik so glänzend vertretene französische Analytik im grossen und ganzen von unserem Gebiete fern. Soweit wir urtheilen können, blieben die französischen Optiker bis auf den in neuester Zeit eingetretenen Wandel ohne merkliche Hilfe seitens der Theoretiker.

So auf sich selbst angewiesen sind sie zu einer Aufgabe wieder und immer wieder zurückgekehrt: zur Ausbildung des Satzes und zu seiner Einführung in die photographische Praxis. Von dem ersten Auftreten dieser Idee, die Ch. Chevalier in seinem *objectif à foyer variable à verres combinés* verfolgte, zu E. Derogy, der die Archer'schen Ideen in die Praxis einführte, und bis zu É. Français und den Optikern der 70er und 80er Jahre, die nach mannigfachen Wandlungen und anfänglichen Misserfolgen auf Grund des Grubb'schen Einzelobjektivs und der Aplanathälfte den symmetrischen Satz ausbildeten, bleibt diese Aufgabe der französischen Optik stets vor Augen. So wird allmählich durch fortdauernde Bestrebungen intelligenter Praktiker der Grund bereitet, auf dem die von anderer Seite herbeigeführte astigmatische Korrektion der Einzellinse das moderne hemisymmetrische Satzobjektiv mit seiner universellen Benutzbarkeit zeitigen sollte.

C. Die englisch-amerikanische Optik.

1. Die Zeit bis zum Erscheinen des Petzval'schen Portraitobjektivs.

Die Kunde von dem Verfahren N. Niepce's und L. Daguerre's erreichte England schnell, um dort ebenso wie in Frankreich das gespannteste Interesse an dieser Erfindung zu erregen. Die Antheilnahme steigerte sich noch, als sich durch die ersten Veröffentlichungen William Henry Fox Talbot's [* Febr. 1800, † 17. Sept. 1877] im Jahre 1839 herausstellte, dass auch in England Versuche angestellt seien, um die chemische Wirksamkeit des Lichts zur Fixi-

rung der in der *Camera obscura* entstehenden Bilder zu verwerthen. Leidenschaftlich wurden Prioritätsansprüche aufgestellt, die noch viele Jahre dunkel nachklingen; doch blieb auch nach Zurückführung der Ansichten auf das durch die Thatsachen bedingte Maass an dem TALBOT'schen Process genug übrig, was Grund zu berechtigtem nationalen Stolze bot.

J. TH. TOWSON über die aktinische Einstellung unachromatischer Linsen.

Noch in demselben Jahre erstattete JOHN THOMAS TOWSON [* 1804, † 1881] Bericht über die Versuche, die er in Gemeinschaft mit R. HUNT angestellt hatte. Er (*2.*) gehörte zu F. TALBOT's Bekannten, hatte in Gemeinschaft mit ihm experimentirt und sich eine beachtenswerthe Kenntniss von der aktinischen Wirkung des Lichts erworben.

Er ist (*1.*) im Besitze der FRAUNHOFER'schen Bestimmungen der Brechungsexponenten für verschiedene Linien des Sonnenspektrums für Crown- und Flintglas und weist darauf hin, dass man bei Benutzung einer unachromatischen Linse für optische Zwecke die Einstellebene in die Bildweite der gelben Strahlen bringen müsse So trägt man am besten der Variation der Helligkeit des verschiedenfarbigen Lichts und der Grösse der farbigen Zerstreuungskreise Rechnung. Ganz anders aber als das Auge verhält sich die lichtempfindliche Schicht in der Kamera, und es ist nur die nothwendige Folge dieses abweichenden Verhaltens, dass man zur Ermittelung der besten Stelle für das auf der lichtempfindlichen Schicht entstehende Bild die Verschiedenheit der aktinischen Wirkung verschiedenartiger Strahlen an Stelle der Helligkeit in Rechnung zu ziehen hat.

Nimmt man nun den aktinischen Werth des chemisch wirksamsten Strahls (im Ultraviolett) als Einheit an, so lässt sich nach unserm Autor die chemische Wirksamkeit des grünen Lichts zu 0.01, des blauen zu 0.1, des indigofarbigen zu 0.3 und des violetten zu 0.45 angeben. Sucht man jetzt unter Berücksichtigung dieser Intensitäten die Stelle des schärfsten aktinischen Bildes, so findet man sie sehr nahe der Schnittweite des äussersten noch sichtbaren violetten Strahls. Für alle praktischen Zwecke reicht es nun vollkommen aus, den Abstand des besten optischen Bildes von der Linse mit einem gewissen Faktor zu multipliciren, um den Ort des chemisch besten Bildes zu erhalten. Der Werth dieses mit der Glasart variirenden Faktors ist 0.969 für Flintglas, 0.976 für Spiegelglas und 0.984 für Crownglas, so dass also eine einfache Linse mit einer optischen Bildweite von 406.4 mm (16 in.)*) einen Abstand des besten chemischen Bildes haben würde von 393.8 mm (15.504 in.) wenn sie aus Flintglas, von 396.6 mm (15.616 in.), wenn sie aus Spiegelglas und von 399.9 mm (15.744 in.), wenn sie aus Crownglas angefertigt wäre. Man könnte hieraus abnehmen, bemerkt J. TH. TOWSON, dass Crownglas das beste Material für photographische Linsen wäre, doch sei das nicht der Fall, weil die Linsen mit der geringsten Dispersion den grössten Theil der chemisch wirksamen Strahlen absorbiren. Er räth daher von der Verwendung von Crownglaslinsen und infolge davon auch von achromatischen Linsen für photographische Zwecke ab.

---

*) Siehe S. 88 Anm.

Er scheint zu dieser geradezu im Gegensatz zur Wirklichkeit stehenden Annahme durch die Beobachtung gekommen zu sein, dass Crownglasprismen das blaue Ende des Spektrums beträchtlich weniger ausdehnen als Prismen aus Flintglas, eine Thatsache, die mit der grösseren oder geringeren aktinischen Intensität des durchgelassenen Lichts natürlich nichts zu thun hat.

Er soll dann nach J. TRAILL TAYLOR (*3.*) mit einfachen Linsen noch weitere Versuche gemacht und im besonderen ein aus zwei tiefen einfachen Menisken bestehendes symmetrisches Objektiv mit Mittelblende benutzt haben; doch sind wir aus dem vorliegenden Material über seine diesbezüglichen Arbeiten nicht unterrichtet.

Erste amerikanische Photographen.

Ganz naturgemäss blieb die Anstellung von Versuchen nach L. DAGUERRE und F. TALBOT nicht auf London beschränkt; im vereinigten Königreich fanden sich Städte genug, in denen man sich in der neuen Kunst übte, so z. B. in Edinburgh, und auch amerikanische Gelehrte beschäftigten sich mit der Neuigkeit des Tages. Bei dem stark ausgebildeten Selbstgefühle in den amerikanischen Einzelstaaten kann es nicht Wunder nehmen, dass wir über die eigentlich ersten Pioniere der Photographie in Amerika nicht ganz genau unterrichtet sind, sondern in einem Prioritätsstreit Stellung zu nehmen haben.

Im allgemeinen wird der New-Yorker Professor JOHN WILLIAM DRAPER als der erste bezeichnet, der L. DAGUERRE's Verfahren in Amerika ausübte und besonders zuerst brauchbare Aufnahmen lebender Personen erzielte. Er wurde dabei von SAMUEL MORSE unterstützt, der später durch seine Verbesserungen am elektrischen Telegraphen einen weit verbreiteten Ruhm errang.

Es ist sicher, dass J. W. DRAPER (*1.*) im März 1840 Portraits herstellen konnte. Nach Untersuchungen (*2. 3.*) JULIUS F. SACHSE's*) ist es aber als verbürgt anzunehmen, dass die ersten erfolgreichen photographischen Aufnahmen jedenfalls und wohl auch die ersten Portraits in Amerika nicht in New-York, sondern in Philadelphia und zwar von ROBERT CORNELIUS und PAUL BECK GODDARD

*) In älteren englisch geschriebenen Artikeln findet man von R. CORNELIUS als Bahnbrecher der Photographie in Amerika gar nichts. Meines Wissens deutet zuerst J. F. SACHSE auf ihn hin, und man findet auch die Bestätigung seiner 1839 begonnenen photographischen Thätigkeit im *Am. Phil. Journ.*; über sein Portraitiren muss auf J. F. SACHSE (*2.*) u. (*3.*) verwiesen werden, wo sich auch das WOLCOTT'sche Patent findet. Inwieweit der in Phot. Chron. 1896. **3.** 281 erwähnte Brief W. J. HERSCHEL's an JOHN WERGE die Prioritätsfrage dennoch zu Gunsten J. W. DRAPER's entscheidet, vermag ich nicht anzugeben, da mir die Quelle nicht zugänglich war.

schon 1839 gemacht wurden. Diese beiden verwandten zu ihren Versuchen Landschaftslinsen mit Vorderblende und erreichten im Laufe der Zeit die nöthige Kürze der Expositionsdauer nicht durch Erhöhung der Lichtstärke der Linse, sondern durch Steigerung der Empfindlichkeit der lichtempfindlichen Schicht, in der sie nach P. B. GODDARD's Vorgange Bromsilber verwandten. Den ersteren Weg hatte J. W. DRAPER (2.) eingeschlagen, und zwar hatte er eine Kombination von zwei hintereinander geschalteten unverkitteten Bikonvexlinsen als genügend zweckentsprechend gefunden.

Spiegelkameras von A. J. WOLCOTT und R. HODGSON.

In derselben Absicht hatte auch ALEXANDER J. WOLCOTT 1840 seine Spiegelkamera konstruirt und in Amerika patentiren lassen, in welcher ein metallener Hohlspiegel von f = 305 mm (12 in.) und 178 mm (7 in.) freiem Durchmesser ein Bild der aufzunehmenden Person auf Platten von 5.1 × 6.4 cm² (2 × 2.5 in.²) entwarf. A. J. WOLCOTT hielt seine Erfindung für wichtig genug, sie auch in England schützen zu lassen, und nahm 1840 durch RICHARD BEARD, der nach J. B. DANCER's (2.) Mittheilungen einer der Licenznehmer L. DAGUERRE's für England war, ein Patent auf seine Anordnung, die infolgedessen vielfach unter R. BEARD's Namen bekannt wurde. Bei derselben scheint ein zur Axe des Apparates centrirter Spiegel benutzt worden zu sein, und die Aufnahmeplatte liess zu dem mittleren Theile des Spiegels kein Licht gelangen. Die Schärfe nach dem Plattenrande zu nahm indessen auch bei dieser Anordnung schnell ab.



Fig. 60.

R. HODGSON: Schema für ein modificirtes PETZVAL-Objektiv. Quelle: E. P. 9406⁴¹. Crownlinse und Prisma bilden zusammen ein achromatisches Ganzes, ebenso die Hinterkombination. Tubus ausziehbar. (Konstruktionsdaten unbekannt.)

Einige Jahre später erschien eine wesentlich komplicirter gebaute Spiegelkamera von RICHARD HODGSON, wobei als Spiegel eine Zerstreuungslinse mit versilberter Hinterfläche wirkte; bevor die Strahlen aber zur Platte gelangten, passirten sie noch einen sammelnden Bestandtheil, durch den die sphärische und chromatische Korrektion herbeigeführt wurde. Auch die Korrektion der schiefen Büschel sollte durch eine solche Anordnung verbessert werden.

Bei den erwähnten Anordnungen wurde die für den Daguerreotypprocess nothwendige Spiegelverkehrung durch den Hohlspiegel

bewirkt. Der eben erwähnte R. HODGSON führte aber auch in der in seinem Patent enthaltenen, nebenstehend abgebildeten Anordnung in das PETZVAL-Objektiv einen ebenen Spiegel ein, so das ältere Umkehrprisma mit dem Objektiv verschmelzend. Es sei ferner bemerkt, dass hier schon eine Veränderung des Abstandes beider Linsenkombinationen des PETZVAL-Objektivs vorgenommen werden konnte.

Auch anderwärts hat man sich noch längere Zeit von der nicht lebensfähigen Erfindung der Hohlspiegelkameras viel versprochen. In Amerika aber wandte sich, wie uns J. F. SACHSE (*4.*) berichtet, das Interesse dem PETZVAL'schen Objektive VOIGTLÄNDER'scher Herkunft zu, das durch die mit FR. VOIGTLÄNDER verschwägerten Brüder W. und F. LANGENHEIM nach Amerika eingeführt wurde. Diese Brüder haben nach derselben Quelle mit einem dritten deutschen Einwanderer G. F. SCHREIBER gegen Anfang der 40er Jahre das älteste erfolgreiche Portraitgeschäft in Philadelphia gegründet.

Inzwischen hatte man sich auch in England mit der Verbesserung des rein dioptrischen Theiles der *Camera obscura* beschäftigt, da dies der sicherste Weg zu sein schien, um das überall mit Eifer angestrebte Ziel der Aufnahme lebender Personen zu erreichen.

TH. DAVIDSON über die Einzellinse.

Solche Bestrebungen traten an verschiedenen Stellen des vereinigten Königreichs auf, und so ist auf uns im Auszug ein lesenswerther Vortrag des Edinburgher Optikers THOMAS DAVIDSON (*1.*) gekommen, in welchem er Ende 1840 die Wirkung der *französischen Landschaftslinse* mit Vorderblende beschrieb.

Er erwähnt, dass die Stellung der Linse bei Landschaftsaufnahmen für die sphärische Korrektion ganz ungünstig sei und beschreibt die bei der Benutzung der ganzen Oeffnung auftretende Koma. Das Bild wird am besten, wenn der Rand desselben auch vom Rande der Linse geliefert wird, was man leicht dadurch konstatiren kann, dass man ein kleines Diaphragma erst an die Linsenmitte und dann an den Linsenrand anlegt und die Bildqualität am Rande und in der Mitte untersucht. Die bei der Landschaftslinse mit Vorderblende auftretende Verzeichnung wird hier noch gar nicht erwähnt. Für die Reproduktion wenig ausgedehnter Objekte, so z. B. die Anfertigung von Miniaturportraits (Brustbildern) empfiehlt er die umgekehrte Stellung (konkave Seite gegen die Mattscheibe) der dann auch noch mit Vorderblende versehenen Linse.

Es lag verhältnissmässig nahe, die Kenntniss, dass durch Hintereinanderschaltung zweier Linsen langer Brennweite sich eine Kombination kürzerer Brennweite ergebe, auch auf zwei Landschaftslinsen anzuwenden und dadurch zur ersten Form des symmetrischen

Objektivs zu kommen. Dieser Schritt scheint denn auch thatsächlich schon im Jahre 1841 von TH. DAVIDSON (*3.*) gethan zu sein, indem er aus französischen Landschaftslinsen gebildete, symmetrische Objektive mit Mittelblende*) anbot und verkaufte. Die damit erzielten Erfolge waren befriedigende, die Lichtstärke aber nicht sehr beträchtlich. Nach J. TRAILL TAYLOR (*11. 70.*) ist die Kittfläche der Komponenten plan gewesen.

Was an der Vermuthung Thatsächliches ist, er habe in Verbindung mit Sir DAVID BREWSTER gestanden und von ihm mannigfache Anregung und Rath in optischen Angelegenheiten erhalten, wird sich kaum mehr feststellen lassen.

In London konnte um diese Zeit der zweifellos auf der Höhe der englischen Optik stehende ANDREW ROSS nur mit Mühe von seinem Sohne THOMAS bewogen werden, die Fabrikation photographischer Linsen aufzunehmen.

A. Ross. ANDREW ROSS [* 1798, † 8. Sept. 1859] wurde 1798 in London geboren, erhielt eine vorwiegend technische Ausbildung und war zuletzt in der GILBERT'schen Werkstätte als Leiter beschäftigt. Nach dem Tode . . GILBERT's machte er sich selbständig, was etwa 1829 geschehen zu sein scheint. Sein Arbeitsgebiet waren zunächst die Dialyt-Konstruktionen P. BARLOW's, später hauptsächlich Mikroskop-

---

*) Bestimmtes war hierüber nicht zu erhalten. Ich lasse kurz hier das mir zu Gebote stehende Material folgen. TH. DAVIDSON beruft sich 1864 (*2.*) auf *Trans. Roy. Scot. Soc. Arts. Session 40—41* als auf den Publikationsort des symmetrischen Doublets. Die einzige Publikation (*1.*), die ich aus jener Zeit von TH. DAVIDSON habe auffinden können, enthält davon kein Wort. Herr R. H. BOW, der die grosse Liebenswürdigkeit hatte, in Edinburgh Nachforschungen anzustellen, schrieb mir unter dem 7. März 1898, dass er nur eine Publikation unseres Autors in den *Transactions and Proceedings of the R. S. S. A.* und zwar in No. 745 gefunden habe, mit der ich durch meinen Abdruck schon bekannt sei. Von anderen Vorträgen TH. DAVIDSON's seien nur die Titel in die *Proc.* aufgenommen, die Manuskripte aber seien vorläufig nicht auffindbar. Diese Titel sind, nach Herrn R. H. BOW's Aufzeichnungen:

No. 768. *Read 11 Jan. 1841. (See Proceedings Vol. 1, p. 79).*
(*3.*) *Description and Drawing of a simple, but important improvement in the Camera obscura in taking Portraits or other Subjects.*

No. 801. *Read 31 May 1841.*
(*2.*) *On a different arrangement of lenses in the O. H. Microscope, and Magic Lantern.*
. . . The same subject continued in No. 857; 28 Febr. 1842.

No. 794. (*13.*) *31 May 1841, a Donation of „The art of Daguerreotyping with the Improvements of the Process and Camera."*

No. 1013. *Read 12 June 1843 (Proceedings Vol. II p. 53). Description and Diagram of a Compound Achromatic Camera.*

objektive, an denen er wichtige Neuerungen, so die Korrektionsfassung (1837), anbrachte.

Bei der Berichterstattung über die Methoden dieses verdienten Optikers begegnet man insofern einer Schwierigkeit, als derselbe der Publikation seiner Leistungen in Fachblättern nicht geneigt war. Ich verdanke in dieser Hinsicht manche Hinweise und Andeutungen dem freundlichen Entgegenkommen des Nachfolgers von THOMAS ROSS als Besitzer der bekannten Londoner optischen Werkstätte, Herrn JOHN STUART, der infolge seiner langjährigen geschäftlichen und freundschaftlichen Verbindung mit seinem Vorgänger ganz besonders im Stande ist, Aufschlüsse über die Thätigkeit jener Zeit zu geben.

Aktinische Achromasie mit Hilfe des Focimeters.

Die ersten photographischen Linsen, die 1840 in A. ROSS's Fabrik hergestellt wurden, waren nach TH. ROSS (4.) Landschaftslinsen französischer Form, wie sie L. DAGUERRE in seiner Schrift mitgetheilt hatte, was übrigens A. ROSS unbekannt geblieben war, der selbständig auf diese Form kam. Die aktinische Korrektion war noch nicht herbeigeführt und wurde wohl auch kaum vermisst, da das geringe Oeffnungsverhältniss dieser Landschaftslinsen (etwa 1 : 14 s. S. 94), zumal bei kleinen Brennweiten, die Fokusdifferenz jedenfalls nur wenig hervortreten liess. Die geringe Apertur war aber gleichzeitig der Grund, weshalb die Aufnahme lebender Personen nahezu unmöglich wurde, und so trat denn auch an A. ROSS die Frage nach einer sphärisch für eine grosse Oeffnung korrigirten Linse heran. Sobald er im Jahre 1840 an die Lösung dieser Aufgabe ging, musste ihm die beim optisch achromatischen Objektiv vorhandene Differenz des optischen und chemischen Fokus auffallen. Er sah die Möglichkeit, dieselben durch Aenderung der Krümmungen zum Zusammenfallen zu bringen und ersann ein Testobjekt*), das in seiner grossen Einfachheit und bequemen Anwendbarkeit noch heute nicht übertroffen ist: es ist das von A. F. J. CLAUDET veröffentlichte Focimeter. Mit Hilfe dieses Instruments konnte er sein lichtstarkes Portraitobjektiv völlig aktinisch korrigiren und nachträglich das Brennweitenverhältniss für die Crown- und Flintbestandtheil eermitteln. Leider erschien keine gleichzeitige Publikation, die seine Prioritätsrechte hätte wahren können. Wir sind indessen durch Aeusserungen verschiedener Sachverständiger,

*) Diese Angabe erfolgt auf eine diesbezügliche Mittheilung Herrn J. STUART's vom 30. Juli 1897, als er mir in seiner Werkstätte zu 3, Clapham Common, London das alte Mahagoni-Focimeter von A. ROSS zeigte. Meine Niederschrift dieser Mittheilung trägt das Datum vom 1. Aug. 1897.

besonders des sehr zuverlässigen GEORGE SHADBOLT (*1.*) von der ausgezeichneten chromatischen Korrektion der Objektive A. ROSS's unterrichtet, und die von ihm angegebene Verwendung des betreffenden Objektivs zu Vergrösserungen, wobei sich die optische Einstellung zugleich auch als aktinische erwies, lässt sich allerdings als ein ausreichender Beweis für diese Eigenschaft ansehen.

In dieser von A. ROSS erreichten optisch-aktinischen Achromasie hatte die tatonnirende Optik auf diesem Gebiete einen Vorsprung vor der rechnenden Optik gewonnen, den diese erst viele Jahre später einholen sollte. Der Grund lag für letztere wohl nur zum Theil darin, dass ihr die nöthigen Daten für violettes Licht nicht zur Verfügung standen, sondern hauptsächlich an dem Rücktritt ihres der Zeit einzigen Vertreters, J. PETZVAL, der erst sechzehn Jahre später eine äusserlich verschiedene, im wesentlichen aber gleiche Methode der Achromatisirung begründete und durchführte.

ROSS'sches Doublet. COLLEN Lens.

Was das Objektiv selbst betrifft, so bestand dasselbe aus zwei verkitteten Systemen, von denen das eine eine französische Landschaftslinse war, während das andere aus einer plankonvexen Crownglaslinse und einem Flintmeniskus bestand. Das Objektiv wurde, wie es scheint, mit einer Brennweite von f = 483 mm (19 in.) und einem Oeffnungsverhältniss von 1 : 4.75 ausgeführt.*) Es hatte ein so gekrümmtes Bildfeld, dass nach J. TRAILL TAYLOR (*2.*) die lichtempfindliche Schicht auf einer gekrümmten Fläche verwandt werden musste. Die hintere Linse konnte allein als Landschaftslinse benutzt werden und erlaubte die Anwendung ebener Platten. A. ROSS scheint mit der Wirkung dieser Kombination zufrieden gewesen zu sein, die er nach TH. ROSS (*2.*) auch möglichst verzeichnungsfrei zu machen bestrebt war; wenigstens hinderte er nicht, dass in einem 1845 bei HORNE

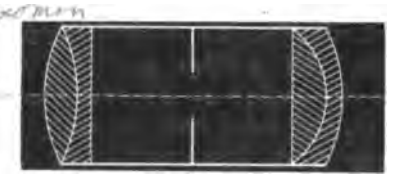


Fig. 61.
Schema zu A. Ross' Doublet *(Collen lens)*.
Quelle: J. TRAILL TAYLOR *2.*
(Konstruktionsdaten unbekannt.)

*) Die Ermittelung des Korrektionszustandes des alten Ross'schen Doublets ist mir nicht gelungen. Mit der oben angegebenen Zusammensetzung, die ich für gesichert halte, lassen sich die von H. SCHROEDER (*4. 185/186*) aus A. Ross's Arbeitsbüchern mitgetheilten Radien nur nach Umstellung der Radienwerthe für die zweite Linse vereinigen. Da aber die Brechungsexponenten für *Savoy-Plate-Glass* und für *Guinand-Flint DD* fehlen, so war eine Durchrechnung nicht möglich.

Thornthwaite and Wood verlegten Lehrbuch .. Varley, *Treatise on Optical Drawing Instruments* eine genaue mit Diagrammen erläuterte Beschreibung der Linsenkombinationen erschien.

Der Stand der englischen photographischen Optik zur Zeit der Einführung des Petzval-Objektivs.

Beide im Vorhergehenden beschriebenen Typen von Doppelobjektiven, sowohl der von Th. Davidson, als der von A. Ross, besassen den Vortheil, dass auch die Hinterlinse allein benutzt werden konnte. Derselbe war aber wohl gleichsam nur latent vorhanden, da die Kamerakonstruktionen im Beginne der 40er Jahre ihn schwerlich stets auszunutzen gestatteten. Es ist dies auch, soviel ich weiss, von den Konstrukteuren zu jener Zeit nicht als Vorzug hervorgehoben worden.

Diese durchaus günstige Entwickelung der englischen photographischen Optik wird gestört durch das Erscheinen des Petzval-schen Portraitobjektivs, das ungefähr gleichzeitig wie in Paris auch in London angekommen sein wird, also muthmasslich Anfang Frühjahr 1841. Ausschliesslich für den Gebrauch beim Portraitiren konstruirt, wie es war, erfüllte es mit einem Oeffnungsverhältniss von 1 : 3.4 die Wünsche der hauptsächlich an Portraitaufnahmen interessirten Photographen jener Zeit in ungeahnter Weise, und die ausgezeichnete Hebung der sphärischen Aberrationen machte es den durch Tatonnement konstruirten Systemen zu einem völlig überlegenen Gegner. Hinzu kommt noch, dass der unleugbare Vorzug der Davidson'schen symmetrischen Kombination hinsichtlich der Erzielung einer praktisch für alle Zwecke genügenden Hebung der Verzeichnung wohl noch wenig in Frage kam, da vorerst nur geringe Bildwinkel benutzt wurden, in denen dieser Fehler selbst bei der Verwendung einer einfachen Landschaftslinse nicht auffällig hervortrat.

So ist es denn ganz erklärlich, dass die englischen Optiker-Firmen, unter ihnen auch Th. Davidson und A. Ross, die Fabrikation des durch kein Patent geschützten Petzval-Objektives als des Portraitobjektives *κατ' ἐξοχήν* aufnahmen.

2. Die Zeit bis zur Erfindung des Steinheil'schen Aplanaten.

a. Die Zeit bis zur Einführung des Petzval'schen Landschaftsobjektivs (Orthoskops).

Dürftigkeit der Quellen.

Die der Einführung des Petzval'schen Portraitobjektives unmittelbar folgenden Jahre bleiben uns fast ganz dunkel, da einerseits die Leistungen der tatonnirenden Optik nicht bedeutend genug

waren, um grosses Aufsehen in weiteren Kreisen zu erregen, anderseits eine den photographischen Interessen ausschliesslich gewidmete Zeitschrift noch gänzlich fehlte. Wir sind für unserer Information angewiesen auf gelegentliche Publikationen in technischen oder allgemein wissenschaftlichen Blättern und auf ab und zu vorkommende Prioritätsreklamationen und historische Betrachtungen aus späterer Zeit. Man wird naturgemäss diese nur mit grosser Vorsicht verwenden können, da die Möglichkeit recht nahe liegt, bei einer solchen Reklamation oder Betrachtung die erweiterte Kenntniss einer späteren Zeit mit Hilfe einer vielleicht ungewollten *vaticinatio ex postfacto* in die frühere Periode zurückzuverlegen.

An der Spitze der englischen Optiker steht immer noch A. Ross; doch können wir ferner den rührigen James T. Goddard in einer frühen Zeit, etwa Ausgang der vierziger Jahre, nachweisen, und auch Fr. Scott Archer gehört ganz in diese Periode mangelhafter Berichterstattung. Die übrigen für die Entwicklung der photographischen Optik zum Theil sehr wichtigen Männer, seien sie nun Fachleute oder Amateure, die gegen Ende dieses Abschnittes zuerst litterarisch auftreten, werden besser im Zusammenhange, bei der Besprechung ihrer wichtigeren Arbeiten vorgeführt.

A. Ross' symmetrisches Doublet und gleichzeitige Konstruktionen.

Der erste Fall von einer Petzval's Angaben verlassenden Konstruktion gehört in das Jahr 1841, in welchem A. Ross ein aus zwei einfachen tiefen Menisken bestehendes, symmetrisches Doublet mit Mittelblende konstruirte, wie uns das von Thomas Sutton (*20.*) berichtet wird. Möglicherweise ist dasselbe seiner Konstruktion nach mit dem J. T. Towson's identisch; doch lässt das uns zur Verfügung stehende Material keine Entscheidung dieser Frage zu. Annehmen zu wollen, wie das Th. Sutton that, dass zu jener Zeit die Eigenschaft dieser Konstruktion, praktisch verzeichnungsfrei zu sein, den Konstrukteuren bekannt war, halte ich nicht für gerechtfertigt, denn die lange Zeit des Umhertastens nach verzeichnungsfreien Kombinationen hätte A. und Th. Ross Gelegenheit genug gegeben, mit dieser Kenntniss hervorzutreten. Es scheint mir richtiger, dieses Objektiv als einen der zahlreichen Versuche der tatonnirenden Optik anzusehen, der zufällig späteren erfolgreichen Konstruktionen ähnlich war.

In dieselbe Zeit gehören auch noch die beiden anderen Konstruktionen, welche H. Schroeder (*4. 186.*) aus dem Arbeitsbuche von A. Ross mittheilte, und welche für F. Talbot bestimmt waren. Die erste ist ein aus zwei Crown-Bikonvexlinsen und einer zwischengestellten Flint-Bikonkavlinse bestehendes Triplet mit grossen Ab-

ständen. Leider sind nur die Krümmungsradien, nicht aber Brechungsexponenten, Dicken und Abstände mitgetheilt[1], so dass man sich über Korrektionszustand und Oeffnungsverhältniss kein Bild machen kann. Die zweite Konstruktion war symmetrisch und ist, wenn sie, wie es den Anschein hat, verkittet war, am besten als eine der STEINHEIL'schen aplanatischen Lupe analoge Kombination zu bezeichnen. Als photographisches Objektiv wird diese Linse sich nur für einen recht kleinen Bildwinkel geeignet haben, wie das auch H. SCHROEDER bemerkte. Dicken und Indices sind auch hier nicht angegeben.

Die soeben besprochenen Ross'schen Konstruktionen sind, wie man sieht, zeitlich von der im vorigen Abschnitt besprochenen Portraitkombination nicht geschieden und fallen wahrscheinlich in die Zeit, wo das PETZVAL'sche Portraitobjektiv noch nicht in weiteren Kreisen bekannt war. Jene *(Collen lens)* ist deswegen vorweg genommen, weil sie nachweislich vor der Ankunft der PETZVAL'schen Konstruktion in Arbeit genommen war. Alle die besprochenen Objektive wurden nicht in grösseren Mengen auf den Markt gebracht, und soweit wir unterrichtet sind, nahm auch die Ross'sche Werkstätte nur an den beiden gangbaren Typen photographischer Objektive theil, dem PETZVAL'schen Portraitobjektiv und der französischen Landschaftslinse. Es ist innerlich wahrscheinlich und durch spätere Zeugnisse belegt, dass A. ROSS das Portraitobjektiv J. PETZVAL's mit aktinischer Korrektion versah.

Untersuchungen verschiedener Kitte auf Absorption.

Sonst ist aus dem inneren Leben der Werkstätte, die mit grossem Geschick von A. ROSS geleitet wurde und thatsächlich sorgfältige Arbeit lieferte, nur bekannt geworden, dass 1853 systematisch Versuche angestellt wurden, um den aktinisch durchlässigsten Kitt zu ermitteln. Es zeigte sich (*1.*), dass Kanadabalsam, Glycerin und Mandelöl gleiche aktinische Eigenschaften haben, sodass also kein Grund vorlag, von der Verwendung des altbekannten Kanadabalsams abzugehen.

G. S. CUNDELL.

Bei der Abwesenheit einer Sammelstelle für die von ausübenden Interessenten gesammelten Erfahrungen kann es nun nicht Wunder nehmen, dass ziemlich häufig auch auf optischem Gebiet schon einmal gemachte Erfindungen später wiederum gemacht und öffentlich empfohlen werden. Dies ist der Fall mit dem symmetrischen Objektiv GEORGE S. CUNDELL's aus dem Jahre 1844.

On the practice of the calotype process.

Dieser (*1.*) knüpfte bewusst an W. H. WOLLASTON's schöne Arbeit aus dem Jahre 1812 an und empfahl zunächst dessen Meniskus wieder, der wohl ein ziemlich ebenes Bildfeld liefert, aber als einfache Linse mit Fokusdifferenz

behaftet ist. Um diese möglichst unschädlich zu machen, gab er eine nach Objektabständen geordnete Tabelle für die Beträge an, um die das Objektiv verschoben werden müsse, damit die optische Einstellung in die aktinische übergeführt werde. Als mögliches Korrektionsmittel deutet er auf die Blaufärbung des Glases hin. Er machte auf die perspektivischen Uebertreibungen aufmerksam, die unangenehm auffallen, wenn ein Portrait mit einem Objektive kurzer Brennweite aufgenommen sei und aus einer zu grossen Entfernung betrachtet werde. Dies wird verhindert, wenn man zu den Aufnahmen eine längere Brennweite verwendet und dann das Bild eben in dem Abstand der deutlichen Sehweite betrachtet. Er schlug Linsen von 61 mm (2.4 in.) Durchmesser und f = 305 mm (12 in.) vor, deren relative Oeffnung aber durch eine im Abstand von 38 mm (1.5 in.) stehende Vorderblende von 30.5 mm (1.2 in.) auf 1 : 10 gebracht wurde.

On a combination of lenses.

Ein halbes Jahr darauf zeigte derselbe Verfasser (*2.*), dass ein grosser Vortheil dadurch erreicht werden könne, dass man zwei solche Menisken in passendem Zwischenraume einander gegenüber aufstelle und so ein symmetrisches Objektiv bilde, das auch chromatisch geringere Fehler habe, als der einfache Meniskus. Durch diese Konstruktion erziele man die gleiche Schärfe bei grösserer Oeffnung und wenn man diese reducire, so erhalte man grössere Schärfe. Die von ihm empfohlene Kombination besteht aus zwei den früheren analogen Menisken von f = 610 mm (24 in.) und 76.2 mm (3 in.) Durchmesser, die durch einen Abstand von 178 mm (7 in.) getrennt seien. Die so gebildete Kombination habe eine Brennweite von etwa 331 mm (13 in) und zeichne ein Bildfeld von 15—20° sehr gut aus, wenn man ihr eine Mittelblende von 33 mm (1.3 in.) gebe, also mit einer Oeffnung — nicht wie sie G. S. Cundell nach alter englischer Weise auf 1 : 10 angiebt — sondern von etwa 1 : 8 arbeite. Auch hier empfahl er die Anwendung eines blauen Farbfilters zur Verbesserung der chromatischen Korrektion, und zwar dachte er den Hohlraum zwischen den Linsen mit einer blauen Flüssigkeit auszufüllen.

Es tritt uns hier also zum erstenmal das symmetrische Objektiv mit Mittelblende in einer Publikation entgegen; doch ganz abgesehen von der Vorstellung über die Verbesserung der Achromasie, ist dem Konstrukteur der Vortheil, den diese Kombination für die Verzeichnung besitzt, nicht bekannt, er benutzt dieselbe nur zur Herbeiführung besserer sphärischer Korrektion.

Die schönen Arbeiten G. S. Cundell's scheinen aber nicht von den Optikern beachtet worden zu sein, und der von ihm geschaffene Typus hat damals eine weitere Verbreitung nicht gefunden.

J. T. Goddard's symmetrisches Objektiv.

Der nächste Versuch der Herstellung eines symmetrischen Objektivs mit Mittelblende, von dem wir unterrichtet sind, wird von J. T. Goddard (*10.*) 1851 gemacht; doch brachte derselbe keinerlei Prioritätsreklamationen hinsichtlich der von ihm etwa angestellten theoretischen Ueberlegungen vor. Auch seine Menisken waren unachromatisch, und es scheint von ihm kein Versuch gemacht worden zu sein, die Leistungen der Kombination durch Achromatisirung der Einzelbestandtheile zu erhöhen.

Fr. Scott Archer's Aenderungen am Petzval-Objektiv: Blendenstellung.

Noch völlig in die Zeit vor Beginn der periodischen photographischen Litteratur fällt die Thätigkeit Frederick Scott Archer's [* 1813, † Mai 1857]. Er scheint sich als einer der ersten die Frage vorgelegt zu haben, wo der beste Blendenort zur Aufhebung der Verzeichnung in einem Petzval'schen Portraitobjektive sei. Er fand ihn in dem Punkte, der den Abstand beider Linsenkombinationen im Verhältniss ihrer Aequivalentbrennweiten theilt, wie das G. Shadbolt mit aller wünschenswerthen Deutlichkeit (*5.*) auseinandersetzte. Fr. Scott Archer und G. Shadbolt betrachteten bei Einführung des Blendenabstandes die Richtungsänderung, die jeder Strahl des von der Blendenmitte ausgehend gedachten Hauptstrahlenbüschels infolge der sammelnden Wirkung der Linse erfährt und dachten durch die angedeutete Blendenstellung die gleiche Ablenkung vor der Vorder- und hinter der Hinterlinse herbeizuführen, so dass also die austretenden Strahlen parallel den eintretenden wären. Dieses Princip gilt natürlich streng nur für gleiche oder ähnliche Linsen und lässt sich besonders bei J. Petzval's Portraitobjektiv nicht so ohne weiteres anwenden, wie ich (*5.*) gezeigt habe.

Zusatzlinsen.

Ein fernerer Aenderungsvorschlag zu diesem Objektiv lief darauf hinaus, an Stelle der Blende dünne Sammel- oder Zerstreuungslinsen einzusetzen, um dadurch ein einfaches Mittel zu haben, die Brennweite des Portraitobjektivs nach Belieben zu verkürzen oder zu verlängern. So roh nun auch ohne jede Frage diese Methode ist, so ist doch das ihr zu Grunde liegende Streben, das photographische Objektiv so zu gestalten, dass es verschiedene Brennweiten zur Verfügung stellt, ein völlig berechtigtes und gesundes. Diesem Kerne, der unreif angestrebten Satzidee, verdankt dieser Versuch der Einschaltungslinsen seine naturgemäss beschränkte Lebensfähigkeit, so dass die an eigener Erfindungsgabe so arme französische Optik noch gegen das Ende der 50er Jahre solche verballhornisirte Petzval-Objektive auf den Markt werfen konnte, wie wir das bei E. Derogy sahen. Eine wohl ziemlich vollständige Zusammenstellung der verschiedenen Modifikationen der Archer'schen Idee gab Jabez Hughes.

Fr. Scott Archer's Flüssigkeitslinsen.

Ein ganz selbständiger Vorschlag Fr. Scott Archer's ist die Anwendung von Flüssigkeitslinsen für die Zwecke der Photographie. Als Bestandtheile von Fernrohrobjektiven waren sie für astronomische Zwecke schon im vorigen Jahrhundert von Leonhard Euler vorgeschlagen und später von Robert Blair in England ausgeführt worden, immer in dem Bestreben, eine bessere Hebung des sekundären Spektrums zu erzielen. Aehnliche Ueberlegungen mögen

auch Fr. Scott Archer geleitet haben. Es scheint auch, als habe er verschiedene Flüssigkeiten benutzt, um diesen Zustand herbeizuführen, doch gelangte darüber nichts Bestimmtes an die Oeffentlichkeit, wohl weil es als Geschäftsgeheimniss betrachtet wurde. Die Untersuchung Isaac Yeoman's liefert uns Daten für eine jener Flüssigkeitslinsen, für die indes kein *salt of antimony*, wie gerüchtweise verlautete, sondern *a combination of acids, namely nitric, sulphuric, and hydrochloric* verwandt worden war. Es mag noch erwähnt werden, dass nach dem Urtheil G. Shadbolt's (*1.*) auch Fr. Scott Archer's Linsen stets zusammenfallende optische und aktinische Einstellung hatten.

Hinsichtlich der Verwendung von Flüssigkeitslinsen wird man Fr. Scott Archer kaum beistimmen können, da mit denselben doch zu viele Uebelstände ohne die entsprechenden Vortheile verbunden sind. Die Aenderung des Brechungsexponenten mit der Temperatur, die Schwierigkeit, jede Verdunstung auszuschliessen, die übrigens nach I. Yeoman auch durchaus nicht gelöst war, die jedenfalls stattfindende angreifende Wirkung der Flüssigkeit auf die Flächen der Glaslinsen wirken mit den in solchen Flüssigkeiten meist vorhandenen Schlieren zusammen, um die Verwendung flüssigen Materials als ungeeignet erscheinen zu lassen.

Die Gründung der englischen Fachpresse.

Die Interessengemeinschaft der sich der neuen Kunst zuwendenden Kreise war mittlerweile so stark geworden, dass ein gemeinsamer Zusammenschluss fruchtbringend erschien, und besonders die Gründung einer ausschliesslich den Fachinteressen gewidmeten Zeitschrift sich als wünschenswerth zeigte. Es erschien zunächst im Jahre 1853 eine kleine Zeitschrift als das Organ der Photographischen Gesellschaft zu London. Bei dem bescheidenen Umfange dieses Journals konnte dem Publikationsbedürfniss der vielen photographischen Gesellschaften des vereinigten Königreichs nicht genügt werden, und so kam es, dass der Fachverein in Liverpool sich im Jahre darauf, 1854, ein eigenes kleines Organ gründete, das für die Geschichte der Photographie noch von besonderer Bedeutung werden sollte. Nach mehrfachem Wechsel des Herausgebers und Besitzers gelangte es allmählich unter dem Titel *The British Journal of Photography* zu einer anerkannten Stellung und hatte im Beginn seines Bestehens das Glück, in George Shadbolt einen Herausgeber zu finden, der unter die ansprechendsten Erscheinungen der auf optisch-photographischem Gebiete thätigen Männer zu zählen ist. Mikroskopiker in seiner berufsfreien Zeit, war er mit der Behandlung eines schwierigen optischen Instruments gründlich vertraut

und arbeitete sich als gründlicher Autodidakt in die Kenntniss des photographischen Objektivs hinein. Seine Thätigkeit hatte stets das Ziel, Kenntnisse jeder Art in den Kreisen der Photographen zu verbreiten, und man muss dabei rückhaltlos seine hohe pädagogische Beanlagung anerkennen: so ist auf diesem Gebiete sein Artikel (*4.*) *Astigmation* geradezu ein Musterstück. Er war an den Vorgängen in anderen Gesellschaften eifrig interessirt und erstattete über jeden wichtigeren Vortrag in seiner Zeitschrift Bericht, die mit dadurch auf einen hohen wissenschaftlichen Standpunkt sich erhob. Sie fand übrigens in dem Organ der Londoner photographischen Gesellschaft eine würdige Rivalin; es erregt dem an unsere heutigen Zeitschriften Gewöhnten geradezu ein aus Trauer und Bewunderung gemischtes Gefühl, den gewaltigen Abstand zwischen damals und heute im wissenschaftlichen Werth des publicirten Materials zu ermessen.

Unmittelbar nach dem Beginn des Erscheinens dieser Journale werden auch optische Fragen besprochen, und die Lage der englischen Optik, die uns früher ungewiss und undeutlich erscheint, tritt jetzt in ein vergleichsweise helles Licht. Es mag der damals das Interesse voll in Anspruch nehmende Streit um die Wirkungsweise der Landschaftslinse erst später behandelt werden, da die ihn führenden Männer der folgenden Periode angehören; aber auch von ihm abgesehen erregt die Betheiligung der englischen Amateure an der Lösung verschiedener ins Gebiet der Optik schlagender Fragen unsere Anerkennung.

Die Prüfungsvorrichtungen für Fokusdifferenz.

Die erste derartige Arbeit bezieht sich auf ein neues Focimeter. Wir hatten aus der ersten Zeit der englischen Optik gesehen, dass A. Ross aller Wahrscheinlichkeit nach die Einrichtung selbst erdachte, welche 1849 A. F. J. Claudet als Focimeter beschrieb. In derselben Publikation (*3.*) aber giebt er uns von einer anderen Einrichtung Kenntniss, welche denselben Zweck hatte und von G. Knight vorgeschlagen war. Diesem entsprechend wird auf ein geeignetes, zur Axe senkrechtes Testobjekt optisch eingestellt und nachher die lichtempfindliche Schicht nicht in der konjugirten Ebene sondern in einer anderen lothrechten Ebene exponirt, welche die Mattscheibe in einer durch deren Axenpunkt gehenden Vertikalen schnitt. Je nachdem die Schärfe im Bilde vor oder hinter dieser Vertikalen lag, war das Objektiv nach geschehener optischer Einstellung heraus oder herein zu kurbeln, um einen aus den Konstanten des Apparates leicht feststellbaren Betrag. Diese Methode, die der A. Claudet's gegenüber den Unterschied aufweist, dass

nicht das Objekt, sondern die Mattscheibe verschiedene zur Axe senkrechte Ebenen enthält, erforderte gewisse, nicht ohne Kosten anzubringende Modifikationen der Kamera, die JOSEPH PAUL 1853/54 dadurch zu umgehen vorschlug, dass er die Mattscheibe und lichtempfindliche Schicht in ihrer Lage beliess, dagegen das ebene, mit rechtwinklig sich kreuzenden und genügend bezeichneten Linien

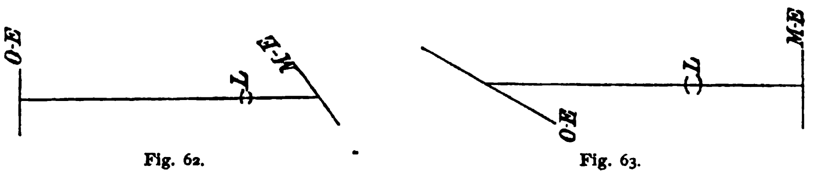


Fig. 62.
Grundriss der Prüfungsvorrichtung auf chemischen Fokus nach G. KNIGHT.
O.-E. = Objektebene.
L = Objektiv.
M.-E. = Mattscheibenebene.

Fig. 63.
Grundriss der Prüfungsvorrichtung auf chemischen Fokus nach J. PAUL.
O.-E. = Objektebene.
L = Objektiv.
M.-E. = Mattscheibenebene.

versehene Testobjekt unter 30^0 gegen die Axe geneigt anbrachte. Ein mit Fokusdifferenz behaftetes, auf die Mitte eingestelltes Objektiv konnte dann nachträglich optisch auf die Stelle eingestellt werden, welche es scharf ausgezeichnet hatte, womit zugleich der Betrag der Korrektion festgestellt wurde, der die optische in die aktinische Einstellung überführte.

Zu sehr früher Zeit finden wir die photographisch interessirten Kreise mit Verbesserungen an den Blenden beschäftigt, Einrichtungen, die zum Theil von bleibender Bedeutung sind.

J. E. MAYALL'S Sternblende.

So lässt sich JOHN EDWIN MAYALL 1853 eine Vorrichtung patentiren, welche einen allmählichen Abfall der Helligkeit nach dem Bildrande hervorrufen sollte. Zu diesem Zwecke rotirt eine Scheibe, aus der centrisch ein Stern ausgeschnitten ist, um die optische Axe. Wie man sieht, werden nur die Strahlen geringer Neigung bei passender Form des Sternes durchgelassen, die stärker geneigten aber mehr und mehr abgeblendet.

Die umgekehrte Blende (undurchsichtiger Stern in Rotation) wurde weit später zum Ausgleich der Helligkeitsunterschiede bei Weitwinkelobjektiven vorgeschlagen.

J. B. DANCER'S Rotations- und Schieberblenden.

Etwa drei Jahres päter, 1856, schlug JOHN BENJAMIN DANCER (*1.*) die meines Wissens ersten Rotations- und Schieberblenden vor. Dieselben befanden sich noch nicht im Innern des Doppelobjektivs — der Schlitz im Objektivrohr wurde ja erst von J. WATERHOUSE etwa ein Jahr später vorgeschlagen — sondern wirkten vor den Objektiven.

M. NOTON's regulirbare Blende.

Die grosse Unbequemlichkeit, welche mit dem Wechsel der Blenden verbunden war, brachte einen anderen Amateur, M. NOTON [† Ende 1880], 1856/57 auf den Gedanken, eine regulirbare Blende zu konstruiren, welche aus zwei mit kongruenten quadratischen Oeffnungen versehenen Blechen bestand, die über einander gelegt waren. Durch Verschiebung in der Richtung der Diagonale konnte man eine quadratische Oeffnung in ihrer Grösse von 0 bis zu der der beiden Ausschnitte variiren. Die von dem Konstrukteur an der quadratischen Form gerühmte günstige Wirkung auf die Herstellung quadratischer Bilder gehört zu einem weitverbreiteten Irrthum hinsichtlich des Zusammenhanges zwischen Blendenform und Bildbegrenzung.

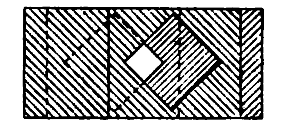


Fig. 64.
M. NOTON's regulirbare Blende.
Das obere Blech ist absteigend, das untere aufsteigend gestrichelt.

TH. DAVIDSON's Satzobjektiv.

Ganz in das Gebiet der photographischen Optik fällt ein Bericht von JOHN BROWN aus dem Jahre 1855, den dieser über das erste Vorkommen eines Satzobjektivs aus der Werkstätte des schon erwähnten Edinburgher Optikers TH. DAVIDSON erstattete. Derselbe verband zwei *französische Landschaftslinsen* von f = 356 mm (14 in.) und f = 534 mm (21 in.) zu einem hemisymmetrischen Doppelobjektiv und stellte so in einem Objektiv drei Brennweiten zur Verfügung. Die Kombination gab ihm das Format 10.8×16.5 cm² ($^1/_2$ *plate**) $= 6^1/_2 \times 4^1/_4$ in.²), die kürzere Einzellinse gab 17.8×23 cm² (7×9 in.²) und die grössere 30.5×38 cm² (12×15 in.²). Wenn allerdings J. BROWN der Ansicht war, die Vorder- und Hinterbrennweite des hemisymmetrischen Objektivs seien verschieden, so verfiel er in den auch heute noch vorkommenden Fehler, Aequivalentbrennweite und Schnittweite zu verwechseln.

Es scheint aber, dass diese schon sehr hoch stehende Kombination sich trotz der ihr innewohnenden unleugbaren Vorzüge nicht hat einbürgern können; wenigstens ist die angeführte Nachricht die einzige, auf die ich in der durchgegangenen Litteratur gestossen bin. Anscheinend hat die kleine Werkstätte TH. DAVIDSON's nicht Einfluss

*) Der Ausdruck $^1/_2$ *plate* findet in einem Leitartikel: *The „plaque normal" and its subdivisions.* B. J. 1870. **17.** No. 523. 216—217 dahin seine Erklärung, dass aus der DAGUERRE'schen Zeit das Format 21.6 cm $\times$ 16.5 cm ($8^1/_2$ inches $\times$ $6^1/_2$ inches) als Normalwerth stamme, der in Frankreich mit *„plaque normal"*, in Amerika mit „$^1/_1$ *size*" und in England mit *„whole-plate"* bezeichnet sei. Ich erinnere mich, auch in älteren Schriften deutscher Sprache auf den Ausdruck *„ganze Platte"* gestossen zu sein.

genug gehabt, um diese wichtige Neuerung einführen zu können. Praktisch kamen, wie wir durch unbedingt zuverlässige Berichterstatter jener Zeit wie TH. GRUBB (*8.*) wissen, nur zwei Objektive, das PETZVAL-Objektiv und die *französische Landschaftslinse* in Betracht. Beide Typen waren nicht frei von störender Verzeichnung, die besonders beim letzteren unangenehm bemerkt wurde und das Kopiren von Plänen zu einer sehr schwierigen Aufgabe machte, Auch die Abnahme der Lichtstärke gegen den Rand fiel sehr auf, deren beide Ursachen (die schiefe Incidenz der Büschelaxen und die Abblendung durch die Linsenränder) um diese Zeit schon richtig erkannt wurden.

P. PRETSCH's Vortrag über J. PETZVAL's Landschaftsobjektiv.

In diesen Stand der photographischen Optik, der als unbefriedigend auch in der englischen Fachpresse schon besprochen wurde, schlug die Nachricht, J. PETZVAL, der Erfinder des Portraitobjektivs habe einen neuen Objektivtypus, eine Landschaftslinse, herausgegeben. Das Interesse aller war auf das höchste gespannt, und diese Zeit der Erwartung benutzte der Erfinder der Photogalvanographie PAUL PRETSCH (*1.*), ein Wiener Bekannter und Verehrer J. PETZVAL's, um am 3. December 1857 vor der Londoner photographischen Gesellschaft einen Vortrag zu halten, in welchem ziemlich alle optischen Schriften J. PETZVAL's berücksichtigt wurden, die zu jener Zeit erschienen waren. Leider war hier der Wille stärker als das Vermögen, denn schwerlich war P. PRETSCH völlig mit dem ausserordentlich schwer verständlichen Forschungsgebiet J. PETZVAL's bekannt, und er war sicherlich ausser Stande, praktischen Optikern ohne mathematische Schulung über die mannigfachen Schwierigkeiten des Themas hinweg zu helfen. Man kann daher G. SHADBOLT in seiner an diesen Vortrag geknüpften Kritik zustimmen, dass für diese Versammlung der Vortrag *vox et praeterea nihil* gewesen sei. Ein am selben Abend anwesender Schüler und Assistent J. PETZVAL's, JOSEF DERFFEL, sprach über das von J. PETZVAL entdeckte Gesetz, wonach nur ein optisches System von unendlicher Brennweite ein ebenes Bild liefern könne, in einem etwas zu selbstbewussten Tone und benutzte am Schluss die Gelegenheit, um in scharfer Weise das geistige Eigenthum an der Neuheit für J. PETZVAL zu reklamiren, eine Schärfe, die wohl durch den Import des „VOIGTLÄNDER'schen Orthoscops" nach London verursacht war.

F. H. WENHAM's achromatisirtes Periskop.

Hier mag noch erwähnt werden, dass an demselben Abend der Ingenieur F. H. WENHAM (*1.*) die Mittheilung machte, dass er mit einer Linsenkombination gute Resultate gehabt habe, die aus zwei getrennten Kombinationen zusammengesetzt sei. Die eine

Linse war einfach, die andere verkittet. Wir wollen dieselbe als *achromatisirtes Periskop* bezeichnen und bemerken gleich hier, dass dieser Typus noch mehrere Male in der Folgezeit uns begegnen wird.

Besprechungen von TH. SUTTON und A. ROSS.

Die Vorgänge dieses Abends erregten allgemeines Interesse, und so sahen sich verschiedene photographische Zeitschriften genöthigt, auf die neue Linse J. PETZVAL's einzugehen und entweder Versuchsaufnahmen zu besprechen oder theoretische Erläuterungen zu bringen. Hierbei war unter den ersten THOMAS SUTTON, der Herausgeber der *Photographic Notes*, welcher eine eingehende Beschreibung (*3.*) der neuen PETZVAL'schen Landschaftslinse gab und in ganz populärer Weise die bildebnende Wirkung der Negativlinse beschrieb. Er empfahl die Kombination hauptsächlich als Reproduktionsobjektiv und bemerkte auch die bei diesem Typus vorhandene kissenförmige Verzeichnung, deren Betrag allerdings sehr erheblich unter dem der Landschaftslinse bleibt. Zum Schlusse seines Artikels machte er darauf aufmerksam, dass man mit vier Gläsern mehr als zwei Linien des Spektrums vereinigen könne, ohne an die Beschränkung zu denken, die dann für die sphärische Korrektion des Objektivs bestehen würde.

Sehr bald folgte ein Artikel über denselben Gegenstand aus der Feder von A. ROSS (*2.*), dem Altmeister der englischen Optik.

Er behandelt die PETZVAL-Kombination im Vergleich mit der gewöhnlichen Landschaftslinse und bespricht die Fehler der Bildfeldkrümmung, Verzeichnung und Koma. Da zeigt sich denn ganz deutlich die sphärische Korrektion und die Bildfeldebenung bei dem Landschaftsobjektiv J. PETZVAL's bedeutend besser als bei der einfachen Landschaftslinse und auch bei der Verzeichnung ist der Betrag beträchtlich kleiner, und der Charakter der Verzeichnung ist der entgegengesetzte. Ganz eigenthümlich ist der Einfluss der negativen Hinterlinse, durch den die Brennweite der Kombination bedeutend verlängert wird. Dies hat den Vortheil, Aufnahmen von Objekten in beträchtlichem Maassstab bei verhältnissmässig geringem Kameraauszuge zu ermöglichen.

PETZVAL's Würdigung in England und seine Einwirkung auf die dortige Optik.

Weitere Beiträge zu der Verbreitung von Kenntnissen über die Arbeiten J. PETZVAL's gab dann wieder P. PRETSCH (*2.*), indem er über dessen letzte Arbeit zusammenfassend referirte. Eine richtige Würdigung J. PETZVAL's ist aber zu jener Zeit in England nicht erreicht worden, einmal weil die nöthigen Vorkenntnisse in den Kreisen der Optiker und Photographen fehlten und so die Möglichkeit eigener Information fast ausgeschlossen war, anderseits aber weil der berüchtigte Streit J. PETZVAL-FR. VOIGTLÄNDER über das Eigenthumsrecht an der Linse nothwendig die Antheil-

nahme abschwächen musste. Nachdem in der ersten Zeit nach dem Streit die unhaltbare Ansicht von der gleichsam zufälligen Auffindung der Verwendbarkeit der Landschaftslinse hauptsächlich durch TH. SUTTON verbreitet worden war, kam allmählich das allgemeine Urtheil in England doch dahin überein, J. PETZVAL für den Mathematiker anzusehen, der am erfolgreichsten das Gebiet der Photo-Optik bearbeitet habe. Seine Arbeiten wurden von A. ROSS unter Vermittelung seines jungen Schwiegersohnes J. H. DALLMEYER gelesen, der soeben aus Deutschland eingewandert war, doch scheint es zweifelhaft, dass ein nur praktisch, nicht theoretisch geschulter Optiker daraus viel Belehrung hätte schöpfen können.

Die Probeaufnahmen mit dem neuen Objektive erregten hohes Interesse und riefen im grossen und ganzen Beifall wach. Das PETZVAL'sche Landschaftsobjektiv, auch Orthoskop genannt, erfreute sich eine Reihe von Jahren hindurch grosser Beliebtheit, und es braucht nicht besonders betont zu werden, dass auch diese Kombination allgemein nachgeahmt wurde, so lange die Nachfrage eben dauerte. Dabei wichen seine Verfertiger hauptsächlich in der Blendenstellung von ihrem Muster ab, indem sie die Blende theils vor, theils hinter das ganze System stellten, so der Hoffnung sich hingebend, ein völlig verzeichnungsfreies Objektiv herzustellen. Daneben dauerte die Einfuhr dieser Objektive aus Oesterreich und Deutschland noch fort, und man kann erkennen, wie auch hier FR. VOIGTLÄNDER mit C. DIETZLER-J. PETZVAL in einem Konkurrenzkampf stand. Ein Prüfungsresultat zwischen den Linsen dieser Firmen wird uns von EDWARD KATER angegeben, doch wird weder die Gleichheit der Brennweite noch des Oeffnungsverhältnisses der verglichenen Objektive konstatirt, so dass wir diesen für FR. VOIGTLÄNDER günstig ausfallenden Versuch kaum als entscheidend ansehen können.

G. SHADBOLT's orthographische Kamera.

Im Zusammenhange mit der Einführung des Orthoskops steht ein Vorschlag G. SHADBOLT's (**3.**), die Vorrichtungen für die Drehbarkeit der Mattscheibe und die damit verbundenen Kosten zu ersparen.

Zu diesem Zwecke gab er die Beschreibung von einer Art Kugelgelenk, das an dem verschiebbar vorausgesetzten Frontbrett der Kamera anzubringen sei. Beide Bewegungen des Objektivs (Verschiebung und Drehung) machen dann die Neigung der Mattscheibe um eine horizontale oder vertikale Axe entbehrlich.

b. Die Blüthezeit der englischen Optik bis zur Erfindung des Steinheil'schen Aplanaten.

α. Die neuen Objektivtypen und Aenderungen am photographischen Apparat.

J. T. GODDARD's Modifikationen der PETZVAL'schen Landschaftslinse.

Schon zu der Zeit vor der Einführung der PETZVAL'schen Landschaftslinse hören wir*) von den Versuchen eines praktischen Optikers, JAMES T. GODDARD, für die Verbesserung der Leistungen der französischen Linsenform; doch scheint nach den Angaben: achromatischer Meniskus f = 356 mm (14 in.), Durchmesser 82.6 mm (3.25 in.) mit der hohlen Seite den Objekten zu und einer Blende von 12.7 mm (0.5 in.) in einem Abstand von 102—127 mm (2—5 in.) vor der Linse, die Schärfe mehr durch die Reduktion des Oeffnungsverhältnisses auf 1 : 28 als durch eine Verbesserung der Konstruktion herbeigeführt worden zu sein. Im Laufe der Zeit vervollkommnete er jedoch seine Erzeugnisse durch Auffindung besserer Typen, und so hat er (*10.*) auch, wie (S. 154) bemerkt, schon vor 1851 symmetrische Objektive aus zwei Menisken mit zwischengestellter Blende herausgegeben. Der Typus der PETZVAL'schen Landschaftslinse beschäftigte ihn lange, und er opferte viele Zeit dem Bestreben, diese Konstruktion verzeichnungsfrei zu machen. Es ist von Interesse, die Beschreibung des von ihm angewandten Verfahrens kennen zu lernen, welches im wesentlichen darin besteht, die durch planmässig vorgenommene Variationen in den Radien oder im Glasmaterial hervorgebrachten Aenderungen des Korrektionszustandes experimentell zu prüfen. Bei der Prüfung auf Verzeichnung ging man ganz zweckmässig so zu Werke, dass man die Linse das Bild einer in der Axe stehenden Gasflamme auf einem weissen Schirm entwerfen liess und nun beobachtete, ob das Bild sich bewegte, wenn man die Linse um eine vertikale Axe drehte. War das nicht der Fall, so galt die Linse als verzeichnungsfrei. J. T. GODDARD gelangte auf diesem fraglos beschwerlichen Wege zu Formen, die zunächst dem Orthoskop noch sehr ähnlich sehen, wie der erste Typus der *compound landscape*

Fig. 65.
J. T. GODDARD: Schema für die *compound landscape lens* I.
Quelle: J. TRAILL TAYLOR *3.*
(Konstruktionsdaten unbekannt.)

*) B. J. 1855. 2. No. 17, S. 57. 58.

lens, rückte dann die innere Linse mehr in die Mitte — zweite Form der *compound landscape lens* — um schliesslich ganz und gar auf sie zu verzichten, nämlich in der *double periscopic landscape lens*, die später durch die Hände TH. R. DALLMEYER's noch einmal der Vergessenheit entrissen werden sollte. In der zweiten Form der *compound landscape lens* hatte er sein Ziel, die Aufhebung der Verzeichnung, wohl auch ziemlich erreicht; denn es*) war 1859 das einzige Objektiv, welches von dem Linsenprüfungskomitee der

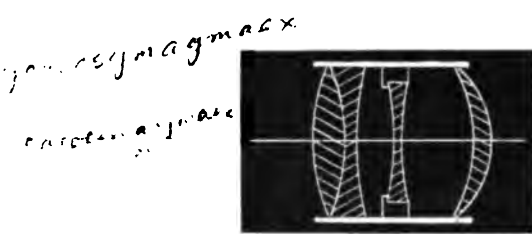


Fig. 66.
J. T. GODDARD: Schema für die *compound landscape lens* II.
Quelle: J. TRAILL TAYLOR *3.*
(Konstruktionsdaten unbekannt.)

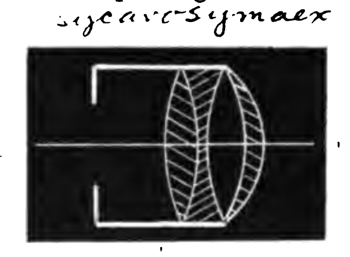


Fig. 67.
J. T. GODDARD: Schema für die *double periscopic landscape lens.*
Quelle: J. TRAILL TAYLOR *3.*
(Konstruktionsdaten unbekannt.)

Schottischen Photographischen Gesellschaft als verzeichnungsfrei befunden wurde. Damals wurde es allerdings als ein SUTTON'sches Triplet angesehen und besprochen, während der wahre Sachverhalt erst viel später (1864) von J. T. GODDARD (*10.*) aufgeklärt wurde. Da es nicht frei von Blendenfleck war, so wird es sich nicht sehr eingeführt haben. An eine grosse Zahl von Ausführungen nach diesen Typen wird man schon darum nicht denken können, weil J. T. GODDARD bis in die letzte Zeit viel an denselben geändert zu haben scheint. Gelegentlich wurde von ihm auch ein Typus der *französischen Landschaftslinse* mit planer Kittfläche hergestellt, doch ist uns nichts über den Zweck bekannt, den er mit ihrer Herausgabe verfolgte, und es wäre auch diese Thatsache vergessen worden, hätte sie nicht J. TRAILL TAYLOR (*3.*) uns aufbewahrt.

TH. GRUBB's photographische Neuerungen.

Von viel grösserer Bedeutung für die Entwickelung praktisch brauchbarer Linsenformen ist der Dubliner Ingenieur THOMAS GRUBB, von dem an anderer Stelle ausführlicher zu handeln sein wird. Er zeigte für die verschiedensten Theile des photographischen

*) B. J. 1859. *6.* No. 101. 215.

Apparates Interesse, sei es, dass er (*4.*) die Einführung von Normalmaassen für das Portraitobjektiv verlangt — bei f:6 (englische Messung) sollte eine quadratische Fläche von f/2 Seitenlänge ausgezeichnet werden — oder bessere Testobjekte für photographische Objektive vorschlägt — er empfahl in Zinnfolie eingerissene Striche bestimmter Feinheit, oder auch, was sich durch grössere Zugänglichkeit und Einfachheit bei fast gleichem Werthe empfiehlt, ein Blatt der *„Times"* zu nehmen. Er schenkt (*6.*) eben sowohl der Konstruktion leichter, für die verschiedensten Brennweitenlängen bestimmter Kameras seine Aufmerksamkeit, indem er räth, dieselben aus einem leicht ausziehbaren Gestell, das schnell mit lichtdichtem Stoff bespannt werden konnte, herzustellen, als er sich um die Möglichkeit kümmert (*9.*), mit Hilfe einer einfachen Einstellvorrichtung, die im wesentlichen darin bestand, dass sich das Objektiv mittelst eines äusserst weit heraufreichenden Gewindes sehr grosser Steighöhe mehr oder minder tief in den Anschraubring hineinschrauben liess, Stereoskoppaare auf gleiche Auszugslänge abzustimmen.

Aplanatic lens.

Er hatte sich aber auch auf dem Gebiete der theoretischen Optik eingehende Kenntnisse erworben und scheint als erster (*8.*) darauf hingewiesen zu haben, dass die bisher benutzte *französische Landschaftslinse*, aus einer der Blende zugekehrten bikonkaven Flintglaslinse und einer daran gekitteten bikonvexen Crownglaslinse bestehend, stets einen hohen Betrag sphärischer Unterkorrektion zeigte. Er wies darauf hin, dass man diesen Fehler heben könne, indem man den Flint- und Crownbestandtheil ihre Plätze wechseln liesse, so dass der zusammengekittete Meniskus im Gegensatz zu seiner früheren Zusammensetzung nunmehr aus einem Crown- und einem Flintmeniskus bestände. Dieses neue, mit Vorderblende versehene Landschaftsobjektiv gab er 1858 unter dem Namen *aplanatic lens* heraus — wobei der Ausdruck *aplanatic* in dem Herschel'schen Sinne als „frei von sphärischen Aberrationen" (s. S. 35) gebraucht war —, nachdem er 1857 ein Patent (*7.*) auf diese Landschaftslinse und Kombinationen zweier solcher symmetrisch zur Blende gestellten Linsen genommen hatte. Leider sind keine Angaben von Radien und Glasarten



Fig. 68.
Th. Grubb: Schema für die *aplanatic lens*.
Quelle: J. Traill Taylor *11. 44.*
(Konstruktionsdaten unbekannt.)

GRUBB'scher Linsen auf uns gekommen, so dass wir den Fortschritt dieser Kombination der alten gegenüber nicht zahlenmässig nachweisen können. Doch ist an dem Vorhandensein eines solchen Fortschritts kein Zweifel, da thatsächlich mit dieser Art der Anordnung sphärische Korrektion herbeigeführt werden kann.

Das Auftreten der GRUBB'schen *aplanatic lens* fällt zeitlich zusammen mit der Herausgabe der PETZVAL'schen Landschaftslinse. Diese Konstruktion stand hinter dem Orthoskop wohl nur in dem Betrage der Verzeichnung und in dem Oeffnungsverhältnisse zurück, war dagegen bei Abblendung auf den gleichen Betrag absolut lichtstärker infolge der bedeutend geringeren Reflexion und Absorption, besass weniger Reflexbilder und war vor allen Dingen bedeutend billiger. Der Umstand, dass das PETZVAL'sche Landschaftsobjektiv eine unter dem Betrag der Brennweite bleibende Auszugslänge hatte, also verhältnissmässig grosse Figuren lieferte, ist wohl kaum als ein sehr wesentlicher Vorzug aufzufassen.

TH. GRUBB lieferte die *aplanatic lens* wohl stets mit variirbarem Blendenabstande,*) um, wenn nöthig, den Bildwinkel steigern zu können. Die von ihm in der Patentschrift erwähnte, also wohl auch empfohlene symmetrische Kombination zweier Landschaftslinsen, die dem Aplanaten so ähnlich ist, scheint aber gar keinen Eindruck gemacht zu haben, wohl weil die Bildebenung fehlte. Zu diesem von mir vermutheten Resultate kommt auf Grund seiner Erfahrungen mit einem solchen symmetrischen Objektiv GRUBB'schen Ursprunges auch W. DEBENHAM.**)

Unhaltbarkeit des Patentes.

Das Patent und die seiner Ertheilung bald folgenden Einführungsartikel und Anzeigen dieser Linsenform erregten unter den englischen Optikern grossen Widerwillen, da manche von ihnen diese Konstruktion schon früher angefertigt hatten. Als Wortführer derselben trat zunächst THOMAS SLATER auf, der diesen Typus nach einem Fernrohrobjektive kopirt und seitdem öfter als Frontlinse in Portraitobjektiven verwandt hatte. Da bei der PETZVAL-schen Konstruktion die Vorderlinse häufig umgekehrt und allein mit Vorderblende als Landschaftsobjektiv verwandt wurde, so mag auch von TH. SLATER die Benutzung dieser Form als Landschaftslinse vorgesehen sein. Es fiel natürlich TH. GRUBB nicht schwer, darauf hinzuweisen, dass er als erster diesen Typus in klarer Erkenntniss seiner Vorzüge eingeführt habe, und in der That konnte

*) Siehe TH. ROSS (3.).
) Ph. J. 1894/95 (2) **19. 228.

durch derartige Einwände sein Patent nicht hinfällig werden. Ein ernsthafterer Angriff erfolgte erst einige Jahre später — 1864 — wo TH. ROSS durch J. TRAILL TAYLOR (2.) auf die oben von uns erwähnte Thatsache hinweisen liess, dass die GRUBB'sche *aplanatic lens* schon von seinem Vater A. ROSS als Bestandtheil eines Doppelobjektivs und als einzelne Landschaftslinse benutzt worden war, zumal da er konstatiren konnte, dass sich auch in einem buchhändlerisch verbreiteten Lehrbuch der Optik die Konstruktionsangaben dieser Linse fänden (s. S. 151). Aus dem an diesen TAYLOR'schen Aufsatz sich knüpfenden Streit ging ziemlich klar hervor, dass TH. GRUBB nunmehr an der Haltbarkeit seines Patentes verzweifelte, und es scheint, als sei sein Interesse an der photographischen Optik seit jener Zeit mehr und mehr erlahmt.

J. WATERHOUSE's Einsteckblenden.

Ungefähr gleichzeitig mit den ersterwähnten Bestrebungen TH. GRUBB's um die Verbesserung auch der mechanischen Einrichtungen der Kamera geschieht die sehr folgenschwere Einführung der Schieberblenden durch JOHN WATERHOUSE (1858). Während man lange Zeit hindurch vielfach fälschlicher Weise die PETZVAL-schen Objektive mit Aussenblenden versehen hatte, waren doch, wie wir sahen, einige in der Theorie vorgeschrittenere Optiker, wie beispielsweise FR. SCOTT ARCHER, zur Einführung von Innenblenden übergegangen, die aber recht unbequem, meistens nach Abschraubung einer Linse, zu wechseln waren. Der Wunsch, sich von diesen Störungen zu befreien, hatte die schon besprochene Quadratblende M. NOTON's hervorgebracht und zeitigte nun die Schieberblenden, ein System von so verblüffender Einfachheit und grosser Wirksamkeit, dass es erst in der neuesten Zeit, etwa im Beginn der 90er Jahre, an Objektiven für Landschafts- und Portraitaufnahmen überwiegend durch die ältere Irisblende verdrängt wurde, während es an den Reproduktionsobjektiven noch heute seinen Platz behauptet.

W. J. READ's schiefgestellte Blende.

Nur ganz kurze Zeit später, 1858, brachte W. J. READ eine Modifikation der Blende heraus, welche die Lichtvertheilung bei Landschaftslinsen günstiger machen sollte. Das Princip derselben wollen wir im folgenden etwas eingehender betrachten.

Eine kreisförmige Oeffnung K lässt dasjenige „bevorzugte“ Büschel mit dem grössten K gleichen Querschnitt passiren, welches senkrecht zu ihrer Ebene steht, während solche Büschel, die unter einem Incidenzwinkel α auffallen, nur mit einem Querschnitt von K cos α durchgelassen werden, so dass sich für alle diejenigen Büschel, deren Axen auf einem um die bevorzugte Axe mit dem

halben Oeffnungswinkel gleich a konstruirten Kreiskegel liegen, gleiche Querschnitte ergeben.

Im allgemeinen stellt man nun die Blende zur Objektivaxe senkrecht, hat also eine zu dieser symmetrische Lichtvertheilung, soweit dieselbe von der Grösse der Büschelquerschnitte abhängt. Bei Landschaftsaufnahmen nun, wo die Belichtungsintensität zur Axe symmetrisch gelegener Punkte (Himmel und Erdboden) sehr

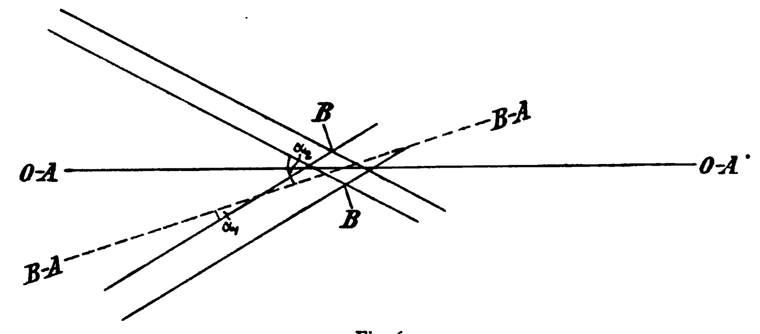


Fig. 69.
Schematische Darstellung von W. J. READ's schiefgestellter Blende.
O-A O-A = Objektivaxe,
B-A B-A = Blendenaxe.
Dargestellt sind zwei die Blende unter den Axenneigungen a_1 und a_2 durchsetzende Strahlenbündel.

verschieden ist, wird man gut thun, von diesem Brauch abzuweichen und zwar die Blendenebene nach vorn zu neigen, um so unter Aufgabe der Vereinigung von Objektiv- und Blendenaxe dem dunkeln Vordergrund die grossen, dem hellen Himmel die kleinen Querschnitte zuzuweisen.

Der Wettlauf nach dem verzeichnungsfreien Objektiv.

Für die Objektivkonstrukteure beginnt um die gleiche Zeit eine neue Epoche, in der nicht mehr wie bei J. T. GODDARD und TH. GRUBB ein einzelner Mann seine eigenen Ideen weiter entwickelnd für die Einführung dieses oder jenes Typus sich abmüht, sondern es entsteht, im grossen und ganzen gesprochen, ein allgemeiner Wettlauf nach einem verzeichnungsfreien Objektive, wobei ein Konstrukteur an dem Erzeugniss des andern lernt. Dadurch nähert sich denn die englisch-amerikanische, so gut wie rein tatonnirende Optik ganz aus eigener Kraft heraus diesem Ideal mehr und mehr, bis auch diesmal wieder der Einfluss der inzwischen neu erstarkten deutschen Theoretik, zwar nicht wie 1841 die einheimischen Keime erstickt, aber doch ganz ähnlich wie damals durch ein den Zeitbedürfnissen völlig entsprechendes Objektiv das

Interesse an der nun scheinbar zum Abschluss gebrachten Forschung in der theoretischen Optik erlahmen lässt.

J. ROTHWELL's Princip.

Den Anstoss zu den eifrigen Bemühungen der Optiker gab ein in Manchester wohnender Krämer, J. ROTHWELL, welcher das weiter unten besprochene Gesetz zur Herstellung verzeichnungsfreier Kombinationen aus ähnlichen Linsen mit der Mittelblende im Aehnlichkeitscentrum aussprach und zur Kenntniss der Optiker brachte. Die von ihm vorgeschlagene Konstruktion ist aber infolge des gar zu stark gekrümmten Bildfeldes praktisch von keinem oder nur geringem Werthe, so dass die Optiker es vorziehen, die von J. PETZVAL's Landschaftsobjektiv her als bildebnend bekannte Negativlinse auch hier für diesen Zweck verwenden.

TH. SUTTON's *triplet.*

Der erste, der in dieser modificirten Form das ROTHWELL'sche Objektiv der Oeffentlichkeit darbot, war TH. SUTTON (*6.*), der seine *architectural view lens* oder *Sutton's triplet* wohl noch Ende 1858 herausgab. Die Ausführungsformen dieses Objektivs wechseln sehr beträchtlich: es wird manchmal als aus drei achromatisirten Bestandtheilen bestehend beschrieben, während zuerst nur drei einfache Linsen erschienen; manchmal sind nur die Aussenbestandtheile verkittet und die innere Zerstreuungslinse aus Glas, dann wird diese aus Bergkrystall gefertigt, kurzum, die Linse wird noch nicht fertig veröffentlicht. Daten haben sich von derselben nicht erhalten, da sich dieses System nicht einführte. Ausser der praktisch vollkommenen Freiheit von Verzeichnung hat dieses holosymmetrische Objektiv auch wohl keinerlei Vorzüge besessen.

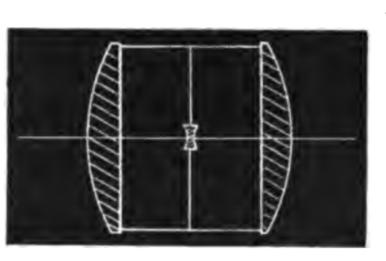


Fig. 70.
TH. SUTTON: Schema für SUTTON's *triplet.*
Quelle: B. J. 1869. **16.** No. 486. 409.
(Konstruktionsdaten unbekannt.)

J. H. DALLMEYER's *triple achromatic lens.*

Auf ganz ähnlichem Wege ging J. H. DALLMEYER vor. In gleicher Weise nahm er seinen Ausgang von dem hemisymmetrischen Objektive J. ROTHWELL's, und auch er stellte die bildebnende Negativlinse, welche indess für sich aktinisch korrigirt war, dicht an die Mittelblende (1860). Von seinem Objektiv sind die Daten erhalten, und wir können in eine Diskussion dieses Typus eintreten.

Nach der Durchrechnung ergiebt sich ein sehr geringer Rest sphärischer Unterkorrektion im Betrage von — 0.36 mm für gelbes Licht, $f_D = 100$ mm und eine relative Oeffnung von 1 : 10.6, eine Abweichung, die für violettes Licht

jedenfalls noch kleiner gewesen sein wird, so dass das System die ihm zugetheilte Bezeichnung „*aplanatic*“, im Sinne jener Zeit sphärisch korrigirt, verdient. Auch die Sinusbedingung ist nur wenig von der Erfüllung entfernt.

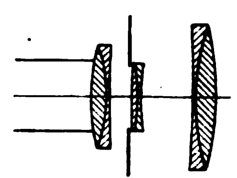


Fig. 71, s. Taf. II.
J. H. DALLMEYER: *Triple achromatic lens.*
Quelle: D. VAN MONCKHOVEN *1. 149.*

Reducirt auf $f_D = 100$ mm.
Durchgerechnet für 1 : 10.6 und $\omega = 31^0$.
Radien r_ν, Dicken d_ν und Entfernungen b_ν in mm auf der Axe gemessen.

$r_1 = 26.8$		$r_5 = 38.9$	
	$d_1 = 2.1$		$d_4 = 0.3$
$r_2 = 20.5$		$r_6 = 27.5$	
	$d_2 = 0.5$		$b_3 = 6.8$
$r_3 = 173.6$ (konkav)		$r_7 = 260.0$ (konkav)	
	$b_1 = 2.5$		$d_5 = 0.5$
	$b_2 = 0.5$	$r_8 = 30.5$	
$r_4 = 121.8$ (konvex)			$d_6 = 2.8$
	$d_3 = 0.7$	$r_9 = 40.6$	

Glasarten n_D
$L_1 = L_6 = 1.521$
$L_4 = 1.514$
$L_2 = L_3 = L_5 = 1.581$
Dicken und Entfernungen aus der Figur entnommen.

Was die schiefen Büschel anlangt, so ist Bildebenung im uneigentlichen Sinne für eine objektseitige Hauptstrahlneigung von etwa 24° (48° Gesichtsfeld) erreicht und die astigmatische Differenz beträgt daselbst etwa 7.2 mm. Das so erreichte Resultat war jedenfalls ein sehr zufriedenstellendes.

TH. ROSS' *actinic triplet.*

Wieder mehr in Anlehnung an TH. SUTTON's Vorschlag einer holosymmetrischen Konstruktion steht das *actinic triplet* von TH. ROSS (1863), welches wohl infolge des grossen Anklangs konstruirt wurde, den das entsprechende System J. H. DALLMEYER's gefunden hatte. Nähere Beschreibungen sind mir nicht zugänglich gewesen; doch ist das Eine als sicher anzunehmen, dass es nicht mehr leistete, als die vorbeschriebene Konstruktion: war es doch auch nach denselben Principien konstruirt.

TH. SUTTON's *panoramic lens.*

Der erste Anstoss zu weiterem Fortschritt ging von TH. SUTTON aus, welcher, von den Leistungen seines Triplets unbefriedigt, den schon früher geäusserten Gedanken, gekrümmte Flächen zur Aufnahme zu benutzen und dann nur Axenstrahlen *(direct pencils)* zuzulassen, in seiner *panoramic lens* (*9.*) (1859) verwirklichte. Diese Form ist nun rein durch Ueberlegung, so gut wie ganz ohne Rechnung gefunden mit der Absicht, ungleiche Lichtvertheilung, Astigmatismus und Verzeichnung gleichzeitig für grosse Bildwinkel zu heben.

Hier bestand absolute Symmetrie und zwar nicht wie sonst nur auf eine Ebene, sondern auf einen Punkt, den Blendenmittelpunkt, bezogen, und nur der Umstand, dass man der Blende eine endliche, in einer bestimmten Ebene liegende Oeffnung geben musste, störte diese Symmetrie. Das hatte zur Folge, dass die nicht senkrecht zur Blendenebene passirenden Büschel einen kleineren Querschnitt erhielten; denn wenn das rechtwinklig die Blendenebene

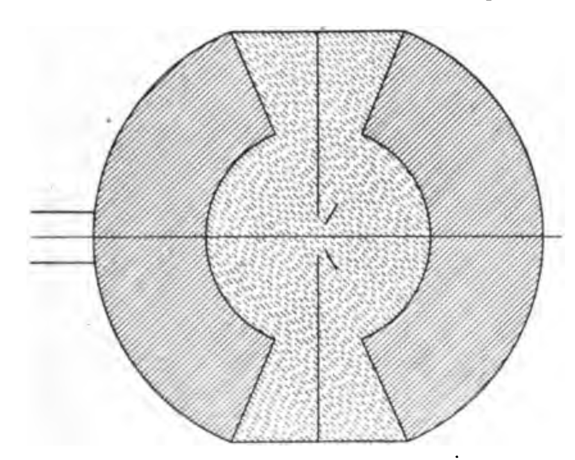


Fig. 72, s. Taf. III.
TH. SUTTON: *Panoramic lens.*
Quelle: TH. SUTTON *9.*

Reducirt auf $f_{G'} = 100$ mm.
Durchgerechnet für 1 : 12 und $\omega = 30°$.
Radien r_ν, Dicken d_ν und Abstände b_ν in Millimetern auf der Axe gemessen.

$r_1 = r_4 = 29.6$

$d_1 = d_2 = 14.8$

$r_2 = r_3 = 14.8$

$b_1 = b_2 = 14.8$

Glasarten $n_{G'}$ [1])

$L_1 = L_3 = 1.5628$
$L_2 = 1.3408$

[1]) Die Brechungsexponenten sind unter Rücksicht auf die SUTTON'schen Werthe bestimmt.

durchsetzende Büschel den Querschnitt Q besass, so wiesen alle Büschel, deren Hauptstrahlen unter den Neigungswinkeln a gegen diese bevorzugte Axe das System passirten, nur die Querschnitte

$$Q_a = Q \cdot \cos a$$

auf. Dabei war allerdings vorausgesetzt, dass die Auffangfläche eine mit f als Radius aus dem Mittelpunkt beschriebene Kugel sei, auf der natürlich das Bild der unendlich entfernten Ebene mit derselben Schärfe entworfen wurde, die für den unendlich fernen

Punkt auf der bevorzugten Axe galt. Thatsächlich war das nun nicht zu erreichen, denn es gelang nicht, eine Glashütte zu finden, welche die Lieferung von genau nach einem bestimmten Radius geblasenen Kugelkalotten übernommen hätte. Infolgedessen waren TH. SUTTON und sein damaliger Fabrikant, TH. ROSS, genöthigt, die Aufnahmefläche zu einem geraden Kreiscylinder zu gestalten, welcher die ideale Kugelfläche in der Spur der durch die bevorzugte Axe gelegten Horizontalebene berührte. Diese Cylinderfläche entfernte sich also nur in vertikaler Richtung von der Kugeloberfläche und da die Vertikalwinkel bei Landschaftsaufnahmen in der Regel nicht gross sind, so war die Abweichung der auf dieser Cylinderfläche herrschenden Helligkeitsverhältnisse von den auf der Kugel geltenden nicht sehr beträchtlich.

Das *butterfly diaphragm.*

Unter der gemachten Voraussetzung kleiner Vertikalwinkel ist also diese Helligkeit praktisch abhängig nur von dem Winkel a. Da nun dieser in der *panoramic lens* sehr bedeutende Werthe, nämlich bis 60° annehmen kann — es wird von Aufnahmen berichtet, die einen Horizontalwinkel von 120° umfassen — so kann die Lichtabnahme doch schon recht beträchtlich werden, und TH. SUTTON sah sich genöthigt, durch Einführung der sogenannten Schmetterlingsblende *(butterfly diaphragm)* den seitlichen Büscheln einen entsprechend grösseren Querschnitt zu geben, als es bei einer ebenen kreisförmigen Blende möglich gewesen wäre.

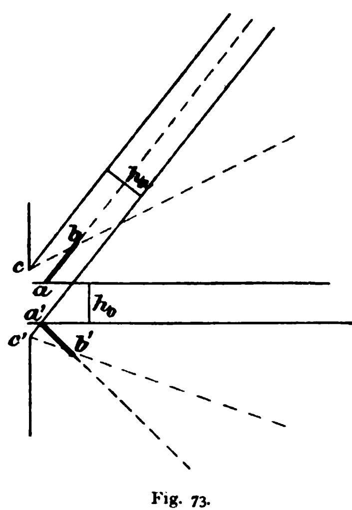


Fig. 73.
Horizontalschnitt durch TH. SUTTON's *butterfly diaphragm.*

Da es hier hauptsächlich auf die Winkel in der Horizontalebene ankam, so wollen wir uns bei der Besprechung, die sich auf TH. ROSS (*1.*) stützt, auch an die Vorgänge im Horizontalschnitt halten.

Es begrenzen dann die Flügel ab, a'b' das „bevorzugte" Büschel in a a', so dass es die Breite h_0 hat. Geneigte Büschel innerhalb des Winkelraums bc, c'b' nehmen in gewöhnlicher Weise an Querschnitt ab; doch für unendlich weit entfernte Punkte, die jenseits der eben genannten Begrenzungslinien liegen, vergrössert sich die Oeffnung wieder, weil dann auch die Durchlässe c a, c' a'

in Frage kommen, bis schliesslich in der Richtung der Flügel a b, a′ b′ selber die volle Breite $h_a = h_0$ also auch die alte für den bevorzugten Strahl geltende Intensität erreicht ist.

Der Kunstgriff, der hier zum Ziele führte, ist also die Verwendung einer vor die Blendenöffnung — im speciellen Falle schief — gestellten Blendscheibe, ein Princip, welches 1863 TH. GRUBB und 1866 R. H. BOW in veränderter Form auch auf die Landschaftslinse anwandten.

Hinsichtlich der sphärischen Korrektion findet sich ein nicht besonders grosser Betrag von Ueberkorrektion vor, der sich auf + 0.8 mm für $f_{G'}$*) = 100 mm beläuft bei einer relativen Oeffnung von 1 : 15. Es würde aber ohne grosse Schwierigkeiten möglich sein, denjenigen inneren Krümmungsradius und dasjenige Flintglas zu finden, welches mit Wasser kombinirt eine sowohl chromatisch als auch sphärisch korrigirte *panoramic lens* ergäbe.

Der Astigmatismus war vollkommen gehoben, da nur Axenstrahlen in Frage kamen; natürlich bestand eine Bildfeldkrümmung vom Krümmungsradius f über das ganze Feld, und die sphärischen Fehler des bevorzugten Büschels fanden sich in jedem schiefen Büschel wieder.

Die Verzeichnung beim Gebrauch der *panoramic lens*.

Was die Verzeichnung anlangt, so war dieselbe unter Voraussetzung einer unendlich engen Blende strenge gehoben, da das Hauptstrahlenbüschel absolut aberrationsfrei durch den Mittelpunkt des Systems ging, indem in diesem die beiden Pupillen mit der Aperturblende des Systems zusammenfielen. Es lieferte also die *panoramic lens* eine absolut richtige Perspektive, nur konnte man dieselbe nicht auf einer ebenen Auffangfläche ausnutzen wegen der dann unvermeidlichen, sehr starken Undeutlichkeit, da die Ebene doch gar zu sehr von der kugelförmigen Schärfenfläche abwich. Wenn man nun zu dem Hilfsmittel des Cylinders griff, so blieb, da die geometrische Perspektive in ihrer Richtigkeit unabhängig ist von der Gestalt der auffangenden Fläche, dieselbe völlig fehlerfrei für ein Auge, das zur Betrachtung des Negativs an den Ort der Austrittspupille gebracht wurde. Da aber TH. SUTTON aus praktischen Gründen die Kopien in eine Ebene ausstreckte, so wurde durch diese Verbiegung der Auffangfläche die Perspektive in dem Sinne unrichtig, in welchem jede panoramische Darstellung falsch wird, wenn sie in eine Ebene abgewickelt und in diesem Zustande von einem festen Augenorte aus betrachtet wird.

Es sei noch bemerkt, dass die Incidenzwinkel der Hauptstrahlen bei der *panoramic lens* strenge gleich Null sind, und infolge davon

*) Infolge eines Versehens ist die Durchrechnung für violettes Licht gemacht worden.

wie der sonstigen Konstruktion dieser Linse waren die Reflexe selbst bei ganz grossen Hauptstrahlneigungen sehr gering.

Die ohne Frage bestehende Originalität dieses Typus erweckte ein allgemeines Interesse für denselben, und er scheint auch in nicht geringem Grade verwendet worden zu sein, da er in der That die für weitwinklige Landschaftsaufnahmen bestehende Lücke ausfüllte, bei denen die Panoramaperspektive noch am ersten ertragen werden konnte. Nichtsdestoweniger bildeten die zur Aufnahme nöthigen cylindrischen Platten für die Verbreitung dieser Linse ein Hinderniss.

C. C. Harrison and Schnitzer's *globe lens.*

Da erscheint (Ende 1860) in den englischen Zeitschriften die Mittheilung, dass ein amerikanischer Optiker, C. C. Harrison, eine äusserlich der *panoramic lens* ähnliche Linse, die *globe lens*, erfunden habe, über deren Zusammensetzung vorerst noch tiefes Stillschweigen beobachtet wird. Den englischen Optikern gelang es erst verhältnissmässig spät, 1863, Exemplare dieses Typus über den atlantischen Ocean zu bekommen, und die Einzelheiten der Zusammensetzung kennen zu lernen.

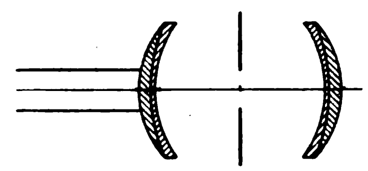


Fig. 74, s. Taf. III.

C. C. Harrison & Schnitzer: *Globe lens.*
Quelle: D. van Monckhoven *1. 130.*
Reducirt auf $f_H = 100$ mm.
Durchgerechnet für 1 : 17.5 und $\omega = 46^0$.
Radien r_ν, Dicken d_ν und Entfernungen b_ν in Millimetern auf der Axe gemessen.

$r_1 = r_6 = 13.4$
$d_1 = d_4 = 1.5$
$r_2 = r_5 = 22.8$
$d_2 = d_3 = 0.7$
$r_3 = r_4 = 15.4$
$b_1 = b_2 = 11.2$

Glasarten n_H
$L_1 = L_4 = 1.53$
$L_2 = L_3 = 1.60$

Nur die Summe der beiden Dicken war angegeben.

Die Durchrechnung ist hier nicht nach den Originaldaten, die mir nicht zugänglich waren, gemacht worden, sondern auf Grund der Angaben, die D. van Monckhoven von der Pariser Firma Gasc & Charconnet erhielt. Insofern wird man die Rechnungsresultate nur für den Typus als geltend ansehen können, nicht für die einzelnen Exemplare amerikanischer Herkunft.

Die sphärische Korrektion ist ganz und gar aufgegeben, denn sie lässt sich mit dieser Linsenform sicher nicht erreichen: wir bemerken Aberrationen im Sinne der Unterkorrektion von -4.4 mm bei $f_H = 100$ mm und einer Oeffnung von 1 : 17.5. Es ist daher erklärlich, dass die *globe lens* nur mit ganz kleiner Oeffnung gebraucht werden konnte.

Die astigmatischen Abweichungen sind aber geringer als bei den gleichzeitigen Typen und lassen vor allem die Verwendung des Objektivs für Weitwinkelaufnahmen zu. Im ganzen ist der Astigmatismus schon überkorrigirt, doch beträgt die astigmatische Differenz bei 46^0 Neigung erst etwa 11 mm, was entschieden ein Fortschritt gegenüber den damals marktfähigen Konstruktionen war.

Es liegt nun nahe, aus der der *panoramic lens* ganz entsprechenden äusseren Form einer Kugel auf ein Ausgehen C. C. HARRISON's von jenem Typus zu schliessen, und diese Ansicht wird in erster Linie von TH. SUTTON, aber auch von anderen englischen Autoren vertreten. In amerikanische Quellen habe ich in dieser Angelegenheit keinen Einblick gehabt, und möglicherweise hat auch C. C. HARRISON selbst zu dieser englischen Auffassung keine Stellung mehr genommen, da er schon 23. Nov. 1864*) starb. Man wird aber mit Bestimmtheit behaupten können, dass er die *panoramic lens* kannte, und da ist es denn sehr wohl möglich, dass er den dieser zukommenden Vortheil senkrechter Incidenz auch in seiner im übrigen abweichenden Konstruktion möglichst zu bewahren suchte.

Ist diese, dem Verdienste C. C. HARRISON's sicher nicht zu nahe tretende Annahme gerechtfertigt, so war diese immerhin äusserliche Anknüpfung Grund zu einem weiteren Fortschritt, der, obwohl *implicite* schon innerhalb der englischen Optik gemacht, doch ihren Vertretern noch nicht zum Bewusstsein gekommen war, nämlich zu der Verbesserung der Bildebenung ohne Zuhilfenahme einer Negativlinse. Hier war also endlich ein symmetrisches Objektiv, achromatisch und aus zwei tiefen Menisken bestehend, welches die so lange gesuchte, von der ROTHWELL'schen Regel eingeschlossene Modifikation des ursprünglichen Typus ergab, durch welche auch die Bildebenung verbessert wurde.

Schon nahezu 20 Jahre früher (1844) hatte G. S. CUNDELL darauf hingewiesen, dass die Kombination zweier einfachen Menisken von der durch W. WOLLASTON wegen ihrer Bildebenheit empfohlenen Form diese Eigenschaft der Einzelglieder beibehalte; doch niemand hatte sich gefunden, der, den CUNDELL'schen Versuch mit achromatisirten Landschaftslinsen wiederholend, die Blende der ROTHWELL'schen Regel entsprechend gestellt und so aus den Elementen der englischen tatonnirenden Optik eine praktisch verzeichnungsfreie Kombination geschaffen hätte. Es sollte eben nicht so kommen, und die thatsächliche Entwicklung eines in der Praxis brauchbaren symmetrischen Typus in der einfachen Form eines Doublets hatte den weiten Umweg über die *triplets*, die *panoramic lens* und die *globe lens* nehmen müssen, so uns ein neues Beispiel dafür liefernd, dass die historische Entwicklung eines zum Gemeingut gewordenen Gedankens nicht in der logischen Folgerichtigkeit vor sich geht,

*) B. J. 1864. **11.** No. 242. 533.

wie sie sich vielleicht im Kopfe des einzelnen Denkers abspielen würde. Sie zeigt vielmehr die bunte Mannigfaltigkeit der Lösungsversuche, die sich aus dem wechselnden Spiel der verschiedenartigsten Einflüsse ergeben, wie dieselben auf die in bestimmter Weise voreingenommenen und vor allen Dingen mit dem von den Vorgängern Geleisteten gar nicht oder nur mangelhaft unterrichteten Erfinder wirken.

C. B. Boyle's *ratio lens*.

Nicht lange, nachdem die *globe lens* von C. C. Harrison und .. Schnitzer in New-York herausgebracht war, kam C. B. Boyle 1863 — nach seinen allerdings erst 1867 gemachten Prioritätsreklamationen — auf den Gedanken, unachromatische Menisken zur Bildung eines hemisymmetrischen Objektivs zu verwenden, bei dem die Blende



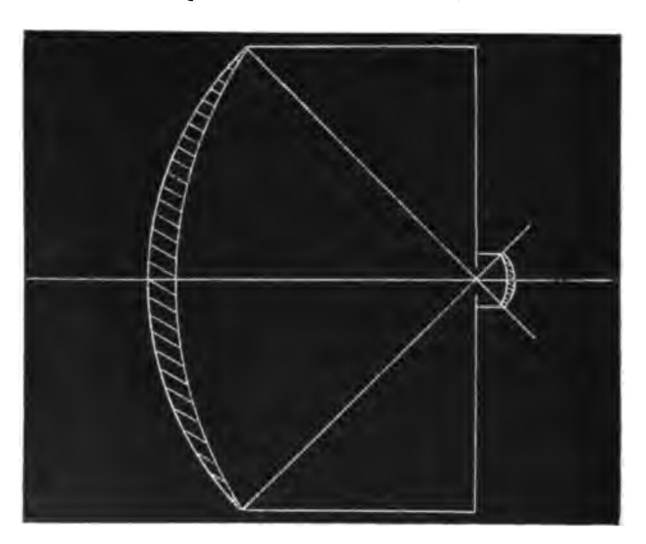


Fig. 75.
C. B. Boyle: Schema für die *ratio lens*.
Quelle: C. B. Boyle.
(Konstruktionsdaten unbekannt.)

nicht allein in das Aehnlichkeitscentrum gestellt war, sondern sogar in deutlicher Anlehnung an die *globe lens* im Mittelpunkt der Aussenflächen stand, die natürlich proportional verschiedene Krümmungsradien besassen. Der Unterschied in den Maassen war ein sehr beträchtlicher: so betrug der Durchmesser der Vorderlinse einer solchen Kombination 211 mm (8.3 in.), während der der Hinterlinse nicht einmal den 9. Theil davon, nämlich nur die Länge von 22.9 mm (0.9 in.) besass. C. B. Boyle nannte die Konstruktion *ratio lens* und

verbesserte ihre Leistungen durch Achromatisirung der beiden Bestandtheile. Das Recht der Herstellung der patentirten *ratio lens* wurde von ihm an die *Scovill Manufacturing Company* abgetreten.

Mit dieser Konstruktion war ein im ROTHWELL'schen Princip liegender und in der Tripletära von J. H. DALLMEYER auch ausgeführter Gedanke, nämlich der der Hemisymmetrie, zum erstenmal auch für die Weitwinkel-Doublets verwirklicht, und wir werden bald sehen, dass er in Amerika seine konsequente Weiterentwicklung fand.

TH. ROSS' *doublet.*

Gehen wir nun zu der englischen Optik zurück, so finden wir einen Fortschritt, der aller Wahrscheinlichkeit nach in Anlehnung an die *globe lens* gemacht ist, in dem Ende 1864 von TH. ROSS auf den Markt gebrachten Doublet. Wenn aber TH. ROSS die alte *Collen lens* seines Vaters durch die tiefere Durchbiegung ihrer Bestandtheile in sein neues Weitwinkel-Doublet umarbeitete, derart ein praktisch verzeichnungsfreies System hervorbringend, so ist er der erste Vertreter der tatonnirenden Optik, welcher ein völlig unsymmetrisches Doublet mit besserer Ebenung und unbeträchtlicher Verzeichnung herstellte.

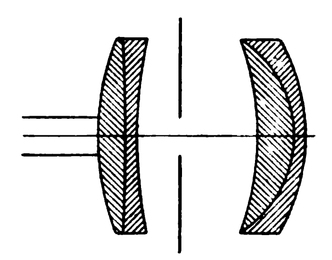


Fig. 76, s. Taf. III.
TH. ROSS: *Doublet.*
Quelle: H. SCHROEDER *4. 189.*
Reducirt auf $f_D = 100$ mm.
Durchgerechnet für $1:19.4$ und $\omega = 36^0$.
Radien r_ν, Dicken d_ν und Entfernungen b_ν in Millimetern auf der Axe gemessen.

$r_1 = 35.8$
$d_1 = 3.6$
$r_2 = 241.0$
$d_2 = 1.4$
$r_3 = 62.5$
$b_1 = 5.9$
$b_2 = 10.1$
$r_4 = 36.9$
$d_3 = 4.8$
$r_5 = 15.3$
$d_4 = 1.6$
$r_6 = 25.7$

Glasarten n_D
$L_1 = L_3 = 1.516$
$L_2 = L_4 = 1.5738$

Dicken und Abstände aus der Zeichnung entnommen. Glasarten nach der Angabe des specifischen Gewichts geschätzt.

Nach der Durchrechnung ergiebt sich hinsichtlich der sphärischen Korrektion ein für ein Weitwinkelobjektiv kleiner Betrag sphärischer Unterkorrektion, der bei gelbem Licht und einer relativen Oeffnung von 1 : 19.4 etwa — 0.6 mm auf 100 mm Brennweite beträgt. Die Brennweiten variiren ebenso wie die Schnittweiten. Hinsichtlich der schiefen Büschel ist das Bildfeld gekrümmt, d. h. konkav gegen das Objektiv mit einem für die grossen Bildwinkel verhältnissmässig geringen Astigmatismus. Bei einer Neigung von etwa 36° beträgt die astigmatische Differenz etwa 10.3 mm, allerdings ist dabei die angedeutete Krümmung des Bildfeldes vorhanden, welche behufs Einstellung der Randtheile eines ebenen Objekts zu einer Annäherung der Mattscheibe von etwa 5 mm zwingen würde. Bemerkenswerth für die Ausführung ist die durch den Linsenabstand bedingte gewaltige Grösse der Linsendurchmesser im Verhältniss zu der benutzten Oeffnung.

J. H. Dallmeyer's *rapid landscape lens.*

Zeitlich zusammenfallend mit dieser Neuerung von Th. Ross brachte der rührige J. H. Dallmeyer Anfang 1865 seine dreifache Landschaftslinse (später unter der Bezeichnung ***rapid landscape lens*** bekannt) heraus, die im wesentlichen — wie Th. Grubb (*17.*) zeigte — dem Typus der Grubb'schen ***aplanatic lens*** entsprach, nur war die vordere Crownlinse in zwei zusammen ihr äquivalente Menisken zerlegt, welche den Flintbestandtheil in der Mitte hatten. Aller Wahrscheinlichkeit nach hatte Th. Grubb recht, wenn er eine Mehrleistung dieses Typus seiner ***aplanatic lens*** gegenüber bestreitet; leider besitzen wir von letzterer keine Daten, um die Vergleichung durchzuführen.

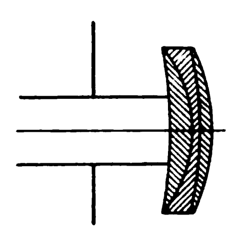


Fig. 77, s. Taf. IV.

J. H. Dallmeyer: *Rapid landscape lens.*
Quelle: D. van Monckhoven *1. 126.*

Reducirt auf $f_D = 100$ mm.
Durchgerechnet für 1 : 11.0 und $\omega = 34^0$.
Radien r_ν, Dicken d_ν und Entfernungen b_ν in Millimetern auf der Axe gemessen.

$b_1 = 10.0$
$r_1 = 60.4$
$d_1 = 8.0$
$r_2 = 17.3$
$d_2 = 1.0$
$r_3 = 48.1$
$d_3 = 1.5$
$r_4 = 25.6$

Glasarten n_D
$L_1 = 1.521$
$L_2 = 1.581$
$L_3 = 1.514$

Der Abstand und die Dicken sind aus der Zeichnung entnommen.

Was die Konstruktionseinzelheiten dieser Linse angeht, so unterscheidet sie sich durch den geringeren Blendenabstand vortheilhaft von ihrer Vorgängerin, der ***französischen Landschaftslinse,*** erlaubt also die Ausnutzung eines wesentlich grösseren Bildwinkels. Die sphärische Korrektion ist gegen die jener nicht geändert: bei 1 : 11.04 Oeffnung erhalten wir etwa — 3.1 mm Abweichung. Der Hauptvorzug liegt entschieden in der Korrektion der schiefen Büschel. Hier hat J. H. Dallmeyer die für eine Landschaftslinse nicht so wesentliche Forderung der Ebenung des mittleren Feldes zu Gunsten einer guten Korrektion des Astigmatismus aufgegeben, und wir erhalten infolge davon bei 34° Axenneigung eine astigmatische Differenz von nur etwa 6.6 mm bei einer negativen Bildfeldkrümmung von etwa 5 mm.

Nach dieser kurzen, durch die zeitliche Aufeinanderfolge bedingten Abschweifung zur einfachen Landschaftslinse J. H. Dallmeyer's wird unsere Aufmerksamkeit zu der alten Gedankenreihe der Konstruktion eines symmetrischen Objektivs zurückgeführt.

J. Zentmayer's Objektiv.

Die Neuaufnahme dieser Bestrebungen wird durch die Einführung des Steinheil'schen Periskops nach England-Amerika veranlasst, einer durch Rechnung gefundenen, holosymmetrischen Kombination zweier unachromatischer Menisken, die ein möglichst ebenes Bildfeld im übertragenen Sinne besass. Nach London kam das erste Exemplar dieses Typus, der an der ihm zukommenden Stelle beschrieben ist, im Winter 1865/66 und erregte in den Kreisen

der englischen Optiker beträchtliches Aufsehen; doch erkannte man dort die Tragweite der Einführung trigonometrischer Rechnung in die Optik noch nicht, was auch von den damaligen Vertretern der tatonnirenden Optik nicht zu erwarten war.

Nun hat es den Anschein, als ob durch die eingehende Besprechung des Periskops in England die Aufmerksamkeit der amerikanischen Optiker auf dieses Objektiv gelenkt sei, und auch J. TRAILL TAYLOR (*II. 68.*) wies 1892, nachdem er durch seinen langen Aufenthalt in Amerika in die dortigen Quellen fraglos eine viel bessere Einsicht erworben hatte, als man sie in Europa sich verschaffen kann, auf einen solchen Zusammenhang mit den Worten hin: „*Josef Zentmayer, of Philadelphia,* „*improved upon the Steinheil periskop* „*by making it unsymmetrical . . .*"



Fig. 78.
J. ZENTMAYER: Schema für sein Satzobjektiv.
Quelle: H. MORTON *1.*
(Konstruktionsdaten unbekannt.)

Eine einwandsfreie Entscheidung des inneren Zusammenhanges dieser ZENTMAYER'schen Konstruktion mit dem STEINHEIL'schen Periskop könnte man nur geben, wenn genau das Datum der Patentanmeldung JOSEPH ZENTMAYER's bekannt wäre. Dieselbe hatte über A. STEINHEIL's, wie es scheint, etwas später vorgelegten Anspruch nach kurzem Prüfungsverfahren einen Sieg vor dem amerikanischen Patentamt davongetragen. Die Priorität der Ausführung wird A. STEINHEIL in jedem Falle zukommen, aber es ist nicht undenkbar, dass die Konstruktion J. ZENTMAYER's allein mit den Objektiven C. C. HARRISON's und SCHNITZER's oder C. B. BOYLE's in innerem Zusammenhange steht. Dass J. ZENTMAYER von diesen seinen Vorgängern lernte, möchte ich nach gewissen Aeusserlichkeiten hinsichtlich der *globe lens* und nach H. MORTON's Artikel (*1.*) auch für die *ratio lens* als wahrscheinlich ansehen, doch kommt darauf weniger an, da man die Priorität von C. C. HARRISON und SCHNITZER für unbestreitbar halten muss, während die von C. B. BOYLE zum mindesten recht wahrscheinlich ist.

Wenn nun auch das Objektiv nach J. ZENTMAYER, besonders der *ratio lens* gegenüber keine wesentliche Verschiedenheit aufweist, so wurde doch ein von C. B. BOYLE nur eingeleiteter Schritt hier ausgeführt, nämlich die Herausgabe eines ganzen Satzes von Linsen zur Bildung von Doppelobjektiven.

H. MORTON über den ZENTMAYER'schen Satz.

Die beiden Krümmungsradien der Einzellinse verhielten sich zu einander wie 13 : 12, und die Dimensionen, nämlich Brennweite, Linsendurchmesser und Dicke zweier benachbarter Linsen wie 3 : 2. Es bestand also der ZENTMAYER'sche Satz aus den 6 Einzellinsen:

I = 133 mm (5.333 in.); II = 203 mm (8 in.); III = 305 mm (12 in.); IV = 458 mm (18 in.); V = 687 mm (27 in.); VI = 1030 mm (40.5 in.).

Die Linsen waren so gefasst, dass sie durch Anschrauben an ein und dasselbe Fassungsrohr stets in den richtigen Blendenabstand kamen. Man konnte aus ihnen folgende Kombinationen bilden:

I + II = 85 mm (3.35 in.); II + III = 133 mm (5.333 in.);
III + IV = 203 mm (8 in.); IV + V = 305 mm (12 in.);
V + VI = 458 mm (18 in.).

Die Einzellinsen scheinen noch nicht zum Gebrauch vorgeschlagen zu sein, da sie bis IV hinauf Ersatz durch die Kombinationen gleicher Brennweiten fanden, während Linse V und VI einen ausserordentlich langen Kameraauszug erfordert hätten.

Die Fassung besass, wie die der *globe lens*, eine Rotationsblende, die für jede Kombination drei Oeffnungen enthielt, nämlich eine grosse zum Einstellen, eine kleinere für Aufnahmen mit kürzerer Expositionszeit und eine ganz kleine für Zeitaufnahmen und Abbildungen detailreicher Objekte. In dieser praktischen Weise wurde aus der in der unachromatischen Kombination nothwendig bestehenden Fokusdifferenz noch Nutzen gezogen. Wenn aber H. MORTON daraus in vager Weise schliessen lässt, das Objektiv besässe keine Fokusdifferenz (*„In these lenses the visual and actinic foci appear to „coincide, so that no adjustment after focussing is needed"*), so kann man nur sein Bedauern darüber aussprechen, dass jener hübsche, den Fehler verdeckende Kunstgriff die Stütze für eine so unhaltbare Behauptung abgab.

Mit dem ZENTMAYER'schen Objektivsatz, der den Abschluss in unserer Beschreibung der optischen Konstruktionen dieses Zeitraumes bildet, ist also die englisch-amerikanische tatonnirende Optik auf dem besten Wege, die Satzidee, welche von TH. DAVIDSON schon mehr als ein Jahrzehnt früher entdeckt worden, dann aber augenscheinlich wieder in Vergessenheit gerathen war, von neuem zu verwirklichen, als sehr plötzlich die Aufmerksamkeit davon abgelenkt und auf ein neues Objektiv deutscher Herkunft gerichtet wurde.

J. H. DALLMEYER's einfache Triplets.

Den Schluss unserer Beschreibung dieser Blütezeit mache der Hinweis auf zwei DALLMEYER'sche Patente (*5.*), in denen das aus

drei Einzellinsen bestehende Triplet — eine Konstruktionsform, die wir S. 152 schon bei A. Ross bemerkten — Gegenstand von Verbesserungen ist. In dem letzteren derselben findet sich auch der Gedanke, durch Abstandsänderungen im PETZVAL'schen Portraitobjektive sphärische Aberrationen einzuführen.

W. WRAY's Korrektion des sekundären Spektrums.

Fast gleichzeitig versuchte WILLIAM WRAY (*1.*) die Hebung des sekundären Spektrums durch flüssige oder halbflüssige Linsen aus einer Mischung von Cassiaöl und Kanadabalsam, ohne dass allem Anscheine nach die Einführung solcher Objektive geglückt ist.

β. Die in der Blüthezeit auftretenden Praktiker und Theoretiker.

JAMES T. GODDARD. [* ?, † Febr. 1864.]

Ueber das Leben dieses Mannes sind wir nur ungenügend unterrichtet; er tritt uns als Optiker 1851 (*10.*) entgegen, wie früher erwähnt, doch scheint er sein Geschäft damals schon länger, allerdings ohne vielen Erfolg, betrieben zu haben. Eine wissenschaftliche Ausbildung hatte er nicht genossen, doch suchte er sich durch eifriges Studium Einsicht in die Theorie der optischen Instrumente zu verschaffen und bemühte sich, den Strahlengang rechnerisch mit Hilfe trigonometrischer Tafeln zu verfolgen, und dadurch Korrektionen herbeizuführen. Als Experimentator, wie er das als Vertreter auch der tatonnirenden Optik war, scheint er ebenfalls seinen Platz voll ausgefüllt zu haben und besonders im Besitz guter Beobachtungsgabe gewesen zu sein. Der Erfolg seiner rechnerischen Bestrebungen war wohl stets zweifelhaft, da ihm die rechte wissenschaftliche Hilfe fehlte, er hat auch keinen Nutzen von seinen Bemühungen auf diesem Gebiete gehabt, da er mitten in diesen Arbeiten starb. Wir können seinen Tod mit ziemlicher Bestimmtheit in den Februar 1864 verlegen.

Praktische und theoretische Untersuchung des Bildfeldes der einfachen Landschaftslinse.

Sein erstes Auftreten fällt in die Tage des Streites zwischen TH. SUTTON und TH. GRUBB über die Wirkungsweise der einfachen Landschaftslinse mit Vorderblende. J. T. GODDARD (*1.*) wiederholte hier das alte Argument TH. DAVIDSON's, aus dem klar hervorgeht, dass für die Bilderzeugung seitlicher Objektpunkte besser die Randtheile der Landschaftslinse benutzt würden, was ja auch bei einer Landschaftslinse von grösserem Durchmesser als dem der Blende bewirkt wird durch die gemeiniglich angebrachte Vorderblende. Die praktisch-experimentelle Bestätigung macht keine Schwierigkeit, doch lässt sich dieses Verhalten auch rechnerisch (*9.*) verfolgen. Er rechnet zu diesem Zwecke eine Reihe von 21 Strahlen eines zur Axe unter 20° geneigten Büschels durch, wobei er dieselben streng äquidistant über den ganzen Linsendurchmesser vertheilt. Nennt man nun Bildlänge den auf einem unteren Strahl gemessenen Abstand zwischen dem Schnittpunkt des nächstfolgenden oberen Strahls und

der letzten Fläche, so ergiebt die Rechnung, dass diese Bildlängen ein Maximum haben. Dieses Maximum liegt für ein von unten nach oben verlaufendes Büschel in den nahe dem oberen Rande der Flintlinse eintretenden Strahlen. Die gleiche Rechnung wiederholte er (*3.*) mit gleichem Erfolge für den achromatischen Meniskus und gab bei einer späteren Gelegenheit (*5.*) an, dass nach der trigonometrischen Rechnung das von einer gewöhnlichen Landschaftslinse gelieferte Bildfeld innerhalb 20° seitlich der Axe als eben anzusehen sei. Allerdings machte er bei dieser letzten Durchrechnung die vereinfachende Annahme, dass die austretenden Strahlen senkrecht auf der letzten Fläche ständen, und vernachlässigte stets die Dicken. Alle diese Rechnungen werden stillschweigend für den Meridionalschnitt allein gemacht. Waren die hier mitgetheilten Rechnungen mehr zum Zwecke der Orientirung angestellt, so versuchte er (*6, No. 81.*) diese rechnerische Methode auch für Korrektionszwecke zu verwenden, indem er sich die Aufgabe stellte, ein aus bikonvexer Crownglaslinse und darangekittetem Flintglasmeniskus bestehendes Objektiv für axenparallelen Strahlengang sphärisch und chromatisch zu korrigiren. Da dann die Stärken der Linsen bestimmt sind, so blieb ihm nur ein Radius zur Verfügung, und er führte die sphärische Korrektion des Randstrahls durch „Durchbiegen“ der dickenlos angenommenen Linse durch. Die sphärischen Zonen, welche bei der grossen Oeffnung von 1 : 6.1 aufgetreten waren, scheint er nicht bemerkt zu haben, und die Nothwendigkeit, die Sinusbedingung zu erfüllen, ist ihm selbstverständlich unbekannt.

Theoretische Behandlung des Astigmatismus.

Sehr lange und mit eifrigem Bestreben beschäftigte er sich (*9.*) mit der astigmatischen Deformation enger, schief auffallender Büschel, einer Erscheinung, die er *confusion* nannte. Durch Beobachtung hatte er sich überzeugt, dass in einfachen Bikonvexlinsen der Vereinigungspunkt im Meridionalschnitt der Linse näher liege als der im Sagittalschnitt, und bemerkte auch ganz richtig, dass man durch Hinzufügung einer geeigneten Negativlinse im Stande ist, das Abstandsverhältniss dieser beiden Schnittpunkte umzukehren. Mit dem Versuche, rechnerisch diese Vorgänge zu verfolgen, ist er nicht zu Stande gekommen, da ihn der Tod abrief. Seine Bemühungen bezogen sich im wesentlichen auf die Ermittlung des Schnittpunkts der meridionalen Büschel (*primary focus*), und zwar war er bestrebt, Tabellen zu entwerfen, welche die Ermittelung des *primary focus* der Linse — parallelen Strahlengang vorausgesetzt — ermöglichen sollten, wenn man die *primary foci* der beiden Linsenflächen für parallelen Strahlengang kannte. Nachdem er mit grosser Mühe zu einem Resultat gelangt war, wandte er sich an R. POTTER um Bestätigung und wurde von diesem an den Mathematiker J. CHALLIS gewiesen, welcher ihm bequemere Formeln entwarf, die den heute benutzten schon näher stehen. Für die Praxis reichte diese Behandlungsweise noch nicht aus, und er selbst ist sich darüber wohl auch klar gewesen.

Theoretische Behandlung der Verzeichnung.

Naturgemäss war er auch an der Verzeichnung der Einzellinse interessirt und versuchte (*4.*) auch diese rechnerisch zu behandeln. Sind ω die Winkel, welche die Büschelaxen in der Blendenmitte mit der Axe bilden, so ist $f \cdot \operatorname{tg} \omega$ die Höhe, in welcher dieselben die in dem Brennpunkte angebrachte Mattscheibenebene schneiden müssten, wäre keine Verzeichnung vorhanden. Thatsächlich schneiden die Hauptstrahlen nun in geringerer Höhe, und die Differenz $H\delta$ ist die Verzeichnung. Man kann aus den von ihm gefundenen Zahlen leicht die thatsächlichen Höhen in Procenten der nothwendigen ausdrücken und findet für

3°	8°	12°	14°	16°	18°	20°
100 %	99.7 %	99.5 %	99.3 %	98.9 %	98.5 %	98.2 %.

Was die Publikationen seiner praktischen Versuche anlangt, so waren dieselben weniger zahlreich als die der rechnerischen, wohl weil er annahm, dass sich die übrigen Optiker ähnlicher Methoden bedienten.

Praktische Prüfung von Systemen.

Das Testobjekt war gewöhnlich eine Flamme (*6, No. 78.*), deren Bild zunächst in, dann ausser der Axe entworfen wurde und dem Beobachter die verschiedenen Abbildungsfehler der untersuchten Kombination zeigte, wie sphärische Aberration, sowohl Unter- als Ueberkorrektion, die Koma und die Verzeichnung. Letztere wurde, wie wir schon sahen, noch einmal (*8.*) zum Gegenstande der Diskussion gemacht, als er die Versuche beschrieb, das PETZVAL'sche Landschaftsobjektiv so zu modificiren, dass es praktisch verzeichnungsfrei würde. Auch die Bildfeldebenung wurde experimentell untersucht (*7.*), und zwar bestimmte er diejenige Kurve in der Horizontalebene, in welcher weit entfernte Gegenstände am deutlichsten abgebildet werden, so einen Schnitt der die Axe enthaltenden Horizontalebene mit dem Bildfeld im übertragenen Sinne aufsuchend. Er theilte die Prüfungsergebnisse mit, welche er auf diese Weise an 12 Objektiven verschiedener Typen erhalten hatte, und fand, dass das Triplet und ein sehr tiefer achromatischer Meniskus die besten Resultate hinsichtlich der Bildebenung gegeben hätten.

Rückblick.

Rufen wir uns die Ergebnisse seiner Anstrengungen noch einmal zurück, so finden wir eine sehr klare Einsicht in die Nothwendigkeit der Anwendung von Mathematik auf die Optik und ein Bestreben, trigonometrische Rechnungen zum Zwecke besserer Korrektion einzuführen; dieses Bestreben hat nicht den gewünschten Erfolg, da ihm die wissenschaftliche Schulung und Unterstützung fehlen. Als Vertreter der tatonnirenden Optik steht er recht hoch und sicher hinter keinem seiner Zeitgenossen zurück; durch die Herausgabe der PETZVAL'schen Landschaftslinse angeregt, beschäftigt er sich mit Modifikationsversuchen, die in jener Zeit Anklang finden. Charakteristisch für ihn ist die Abwesenheit jeglicher Geheimnisskrämerei, sowohl was seine theoretischen als auch praktischen Bestrebungen angeht, und wir können ihn nicht verlassen, ohne unser Bedauern auszudrücken, dass seinem redlichen Streben so wenig Erfolg zu Theil ward.

THOMAS GRUBB. [* 1801, † 19. Sept. 1878.]

Leben.

Als bedeutendsten mit der Praxis in Verbindung stehenden Theoretiker dieser Zeit haben wir TH. GRUBB zu bezeichnen. Er war ursprünglich (*20.* und P.) zum Kaufmann bestimmt, doch war seine Neigung zur Mechanik zu gross, um ihn bei jenem Berufe bleiben zu lassen. Er gründete eine optische und feinmechanische Werkstätte zu Rathmines bei Dublin, aus der Präcisionsinstrumente

von grosser Vollendung hervorgingen; so wurden der 27zöllige (68.7 cm) Reflektor für Melbourne und der ebenso grosse Refraktor für Wien dort hergestellt. Angegeben wird ferner noch, dass auf TH. GRUBB das Lagerungssystem für Fernrohre zurückzuführen sei, das Lord ROSSE für seine berühmten Spiegelfernrohre verwandte.

Zu der Zeit, in welcher TH. GRUBB für uns wichtig ist, etwa 1854—1867, hatte er als Ingenieur der Bank von Irland eine wichtige und verantwortungsreiche Stellung*) inne.

Schon im Beginn dieser Periode ist er Mitglied der Dubliner Akademie, und später tritt er uns auch als Mitglied der Londoner *Royal Society* entgegen, ein Zeichen, dass seine Gründlichkeit und Begabung auch auf anderen Gebieten und in weiteren Kreisen bekannt geworden war. Er selbst scheint sich mit den verschiedenen optischen Fragen rein aus wissenschaftlichem Interesse, gleichsam als Amateur, beschäftigt zu haben, während er seinem Sohn die Leitung der optischen Werkstätte überliess, die sich damals sehr aktiv an der Herstellung photographischer Objektive betheiligte, welche nach dem TH. GRUBB patentirten Typus gebaut wurden.

Wissenschaftliche Stellung.

Diese Stellung TH. GRUBB's als optischer Berather einer bekannten photographische Objektive erzeugenden Werkstätte brachte ihn nicht selten in einen mehr oder weniger heftigen Meinungsaustausch mit anderen optischen Konstrukteuren, wie TH. SUTTON, J. H. DALLMEYER und TH. ROSS, und den bei diesen Anlässen unvermeidlichen Auseinandersetzungen verdanken wir einen guten Theil unserer Information über seine theoretischen Ansichten.

Mit regem Interesse betheiligte er sich an den Vorgängen in den grösseren photographischen Gesellschaften, deren leitende Männer er kannte. Besonders mit G. SHADBOLT scheint er sehr gut ausgekommen zu sein. Allen neuen Erscheinungen auf dem Gebiete der Optik schenkte er Beachtung, und wenn er natürlich die Kritik nicht unterliess, wo ihm an einer solchen Konstruktion Tadelnswerthes auffiel, so wirkt eine so vollkommene und rückhaltlose Anerkennung (*3.*) wie die J. PETZVAL's um so ansprechender.

In seinen Methoden nahm er einen vermittelnden Standpunkt

---

*) Den grossen englischen Banken stand in der früheren Zeit, wohl auch noch im Anfang dieses Jahrhunderts das Recht der Münze zu; als es denselben entzogen wurde, behielten sie wenigstens die Berechtigung, Banknoten anzufertigen und auszugeben. Die Ueberwachung dieser fraglos wichtigen Operationen unterstand in unserem Falle dem *Engineer to the Bank of Ireland*, wie der auch von TH. GRUBB geführte Titel lautete. Verschiedene wichtige Maschinen für den Druck der Banknoten der Bank waren nach TH. GRUBB's Angaben gebaut worden.

ein. Er kannte sehr wohl den Erkenntnisszuwachs, den man aus der trigonometrischen Verfolgung der Lichtstrahlen durch ein System ziehen kann, aber die ungemeine Beschwerlichkeit des Weges schreckte ihn (*1. No. 31.*) ab: Es sei schon mühsam genug, ein axenparalleles Büschel durch eine Linse unter Berücksichtigung der Dicken zu verfolgen, doch wüchsen die Schwierigkeiten bei Beachtung auch seitlicher Büschel ins Ungeheure. Er verwandte daher in solchen Fällen das Diagramm.

In unserer Schilderung seiner Thätigkeit werden wir uns nicht immer an die zeitliche Reihenfolge, sondern mehr an den inneren Zusammenhang seiner Arbeiten halten.

Der Blendenort für die einfache Landschaftslinse.

Sein erstes Auftreten lässt sich für den Januar 1855 nachweisen (*1.*), wo er an dem durch Th. Sutton angeregten Streit über die Grösse der Landschaftslinse theilnahm und durch Rechnung nachwies, dass die Kaustik einer gewöhnlichen, einfachen Plankonvexlinse im Meridianschnitt derart verläuft, dass sie ihre weiteste Entfernung für schiefe parallelstrahlige Büschel an den Randtheilen der Linse erreicht, an denen die Büschel die konvexe Fläche etwa unter den kleinsten Incidenzen durchsetzen. Es giebt daher einen auch experimentell auffindbaren Ort auf der Axe, welcher, vor der Fläche schwächerer Krümmung gelegen, zur Anbringung der Blende am besten geeignet ist, um seitliche Objektpunkte möglichst günstig abzubilden.

Tiefe der Schärfe und relative Oeffnung.

Die Einführung sphärischer Aberration war schon frühzeitig (später wieder von J. H. Dallmeyer) empfohlen, um die Tiefe der Schärfe auszudehnen. Dieser Ansicht gegenüber weist Th. Grubb in früher Zeit (*3.*) darauf hin, dass die Ausdehnung dieser gleichmässigeren Schärfe erkauft wurde durch die Aufgabe der wirklich scharfen Zeichnung des sphärisch gut korrigirten Objektivs in der Einstellebene. Doch auch dieser Gewinn sei nur relativ, zeigte er später (*18., 19.*), da wohl die Abnahme der Schärfenzeichnung in nicht eingestellten Ebenen nicht so beträchtlich sei, dagegen der Einstellungsspielraum bei gleichem Durchmesser des zulässigen Zerstreuungskreises an Grösse unter der entsprechenden Strecke beim sphärisch korrigirten Objektive bleibe. Nach ihm (*3.*) ist zur Beurtheilung der Tiefenschärfe festzuhalten an der relativen Oeffnung des Systems, die bestimmt wird durch das Verhältniss $\frac{d}{f}$ des wirksamen Durchmessers d zur Aequivalentbrennweite f. Diese letztere wird definirt durch den Abstand des Brennpunkts vom optischen Centrum derjenigen dünnen Einzellinse, welche ein Bild gleicher Grösse liefert. Es ist charakteristisch für Th. Grubb, dass er an dem „optischen Centrum" überhaupt noch festhält, obschon er früher schon gezeigt hatte, dass auch bei der einzelnen Meniskuslinse endlicher Dicke, das in gewöhnlicher Weise bestimmte optische Centrum gar nicht die Eigenschaften habe, die ihm gemeiniglich zugeschrieben wurden: Er hatte (*1. No. 26.*) bemerkt, dass der nach dem optischen Centrum zielende Strahl eines parallelen Büschels durchaus nicht seine Richtung ungeändert beibehalte, vielmehr eine Brechung erleide, während derjenige Strahl dieses Büschels, welcher parallel zu seiner ursprünglichen Richtung wieder austrete, eine nicht unbeträchtliche Parallelverschiebung erfahre.

Später hatte er in einer sehr eingehenden und sorgfältigen Arbeit (*11.*)

über Linsenkombinationen mit grossem Zwischenraum durch mehrere Beispiele gezeigt, dass auch für solche Konstruktionen die Brennweiten auf beiden Seiten einander gleich seien, dass man aber bei ihnen, also auch beim Portraitobjektive J. PETZVAL's, von einem festen optischen Centrum nicht reden könne, wenn man darunter einen zwischen den Linsen gelegenen Punkt verstände, von dem aus die sammelnde Wirkung jedes der beiden Bestandtheile nach beiden Seiten gleich sei. Die Lage dieses Punktes variire vielmehr nach der Objekt- und Bildentfernung. Die GAUSS'sche Theorie, welche ihm über diese Punkte hätte Klarheit verschaffen können, blieb ihm völlig unbekannt.

Unterscheidung zwischen Brenn- und Schnittweite.

Ganz überlegen ist er seinen Zeitgenossen in der strengen Scheidung zwischen Brenn- und Schnittweite, und er gab als einer der ersten eine Methode zur Bestimmung derselben an (*14.*). Dieselbe besteht im wesentlichen darin, dass man ein und dasselbe entfernte Objekt zweimal auf der Mattscheibe auffängt und zwar an zwei möglichst von einander entfernten Stellen. Markirt man die Richtungen der Axe durch Projektion derselben auf die Horizontalebene, so erhält man zwei Gerade, die sich unter dem Winkel α schneiden, um den man die Kamera drehte. Schneidet man nun ein gleichschenkliges Dreieck so ab, dass die jenem Winkel α gegenüberliegende Basis an Länge der auf der Mattscheibe leicht messbaren Entfernung a zwischen beiden Bildorten genau gleich ist, so hat man nur noch die Höhe f auf diese Basis zu fällen, um die Brennweite eines verzeichnungsfrei vorausgesetzten Objektivs zu erhalten. In einem Nachtrage bemerkte er noch (*14.*), dass man bei verzeichnenden Objektiven, wie der einfachen Landschaftslinse und dem Orthoskop, infolge der naturgemäss unrichtigen Entfernung beider Bilder eine gewisse Korrektion anzubringen habe. Ist der Winkel $\alpha = 30^0$, so hat man bei einer *aplanatic lens* etwa 102 $^0/_0$, bei einer *orthoscopic lens* aber nur 98 $^0/_0$ der gefundenen Höhe zu nehmen, um die wahre Brennweite zu erhalten.

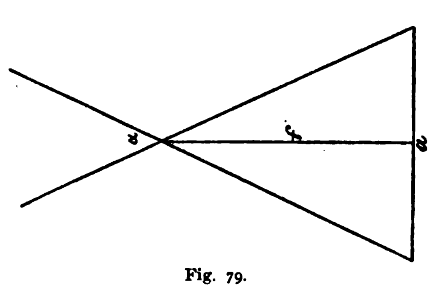


Fig. 79.

TH. GRUBB's Methode der Brennweitenbestimmung.
α Drehungswinkel der Kamera.
a Entfernung der Bildorte des weit entfernten Objekts, auf der Mattscheibe gemessen.
f Brennweite = Höhe im gleichschenkligen Dreieck (a, α).

Unterscheidung zwischen objektseitigem u. bildseitigem Winkel.

Es ist in keiner Weise wunderbar, dass TH. GRUBB den fundamentalen Unterschied erkannte, der hinsichtlich der Länge des Kameraauszuges zwischen dem PETZVAL'schen Landschaftsobjektiv und seiner *aplanatic lens* bestand, indem hier der erforderliche Auszug länger, dort kürzer war als die Aequivalentbrennweite, mithin mussten die von der Blendenmitte nach der Plattendiagonale gemessenen Bildwinkel hier kleiner, dort grösser ausfallen als die objektseitig gemessenen, und wir können ihm (*13. 187.*) nur beistimmen, dass die einzige einwandfreie Methode die der objektseitigen Messung ist.

Prüfung auf Verzeichnung.

Schon einmal hatten wir erwähnt, dass er sich der tonnenförmigen Verzeichnung wohl bewusst war, welche die *aplanatic lens* ergab, und er machte denn auch, hauptsächlich wohl durch die falschen Angaben der Konkurrenz veranlasst, die Verzeichnung zum Gegenstande einer einwandsfreien experi-

mentellen Prüfung (*13. 224.*). Die Publikation geschah fast in der gleichen Weise wie bei J. T. Goddard, nämlich durch Vergleichung der beobachteten (dort berechneten) Axenabstände der Bildpunkte mit den durch Rechnung aus $f \cdot \mathrm{tg}\,\omega$ erhaltenen. Wir geben die beobachteten Abstände wiederum in Procenten der theoretisch zu fordernden; dann fand Th. Grubb für eine Hauptstrahlneigung von

4°	8°	12°	16°	20°	24°	28°	30°
100 %	99.3 %	98.4 %	97.7 %	96.5 %	95.5 %	94.2 %	93.2 %

Feststellung der wahren Oeffnung und der absoluten Lichtstärke.

Indem nun so der Betrag der Verzeichnung endgültig für die *aplanatic lens* festgelegt war und es sich hinsichtlich des Dallmeyer'schen Triplets herausgestellt hatte, dass dasselbe nahezu frei von Verzeichnung war, wurde die Vergleichung dieser beiden Objektivtypen weiter fortgesetzt, wozu zwei Exemplare nahezu gleicher Brennweite: *triplet* von 356.1 mm (14.02 in.), *aplanatic lens* von 368.5 mm (14.51 in.) gewählt wurden. Er ging dazu über, (*13. No. 171.*) die absolute Lichtstärke beider Objektive zu vergleichen und machte dabei auf den Unterschied aufmerksam, der beim *Triplet* zwischen wahrem und scheinbarem Durchmesser der Blende besteht und bei der Vergleichung in Rechnung gezogen werden muss, da der scheinbare Durchmesser um 8 % grösser ist als der wahre. Berücksichtigte er das und änderte er so lange die Blenden, bis die Wirkung auf gleichmässig bereitete Platten*) die gleiche war, so konnte er zeigen, dass das Triplet infolge des Lichtverlustes durch Absorption in seinen zwei hinzukommenden Linsen und durch Reflexion an seinen vier überzähligen Flächen gegen Luft nahezu 25 % des durch die *aplanatic lens* bei gleicher Oeffnung durchgelassenen Lichts verlöre. Th. Grubb drückt das sehr glücklich in seiner knappen, klaren Sprechweise so aus: *„And the „triplet, if charged with equal-sized stop as the aplanatic of the same focus, is „at once a slower-acting lens and one of less depth of focus than the latter — „the triplet stops being placed as intended by the maker.“*

Hatte er schon mit Erfolg die absoluten Lichtstärken zweier Objektive mit einander verglichen, so kann es nicht Wunder nehmen, wenn er auch ihren Ursachen und zwar zunächst der Absorption in der Glasmasse seine Beachtung schenkte. Er gab (*16.*) zunächst ein Referat über die Arbeiten von G. G. Stokes über die Fluorescenz der brechbarsten Strahlen und der von W. A. Miller über die Absorption des Spektrums des elektrischen Funkens durch Bergkrystall, Eis, Flussspat und Glas. Auf Grund eigener Versuche bestimmte er die aktinische Intensität des von einer achromatischen Landschaftslinse durchgelassenen Lichts zu 87 % des eine Quarzlinse gleicher Brennweite passirenden. Bei dieser Behandlung der Frage schloss er sich der Auffassung seiner Vorgänger an, wonach die Absorption einer dicken Platte zu scheiden sei in die direkt an der Oberfläche stattfindende Absorption der Hauptmenge und die infolge der Glasdicke auftretende. Letzteren Theil bestimmte er für eine 18.29 mm (0.72 in.) dicke Platte aus Chance's Crownglas zu 11.6 %.

Unabhängigkeit der Perspektive von der Form der Auffangfläche.

Wie alle seine Zeitgenossen auf dem Gebiete der praktischen Optik beschäftigte auch er sich (*12.*) mit den Fragen der Perspektive und betonte aufs deutlichste, dass, wie immer die Projektionsfläche gestaltet sein möge, die

---

*) Es sei bemerkt, dass er Stereoskopaufnahmen mit den beiden Objektiven auf einer Platte machte und die Belichtungsdauer so bemaass, dass sich Unterexposition ergab.

Perspektive vom Projektionscentrum aus betrachtet stets den richtigen Eindruck vermittele. Aendere man aber seinen Standpunkt, so dass derselbe mit dem perspektivischen Centrum nicht mehr zusammenfällt, oder nehme man eine Verbiegung der Projektionsfläche vor, so erhalte man einen durchaus unrichtigen Eindruck. Die so gewonnene allgemeine Kenntniss wandte er auf TH. SUTTON's ***panoramic lens*** an und zeigte, dass die von diesem Instrumente gelieferte Perspektive auf der cylindrischen Oberfläche durchaus richtig sei, dass dagegen in Breite und Höhe unerträgliche perspektivische Fehler sich ergeben, wenn man die Papierkopie des cylindrischen Negativs in die Ebene ausbreite. In diesem Falle gebe es überhaupt keinen einzelnen Punkt mehr, von dem aus betrachtet die Darstellung einen dem dargestellten Objekte entsprechenden Eindruck mache.

Lichtabnahme nach dem Rande.

Viel beschäftigte ihn die Abnahme der Lichtintensität nach dem Rande zu, die manchmal auf zu geringe Linsendurchmesser zu schieben ist, worauf er ja schon früh (*5.*) hingewiesen hatte. Später (*15.*) behandelte er auch die natürliche Abnahme infolge der schiefen Incidenz der Hauptstrahlen bei sehr grossem Bildfelde. Zu ihrer Ausgleichung schlug er vor, mit Hilfe einer in der Richtung der Axe verschiebbaren, vor der Blende des Objektivs angebrachten Metallscheibe den Plattenrand doppelt so lange zu belichten als die Plattenmitte. Dabei sollte die während der Exposition vorgenommene kontinuirliche Verschiebung dem Auftreten einer deutlichen Intensitätsgrenze zwischen dem n und 2 n Sekunden belichteten Theile der Platte von vornherein begegnen.

Achromasie und Beugungswirkung.

Hinsichtlich der Farbenkorrektion stand er (*2.*) auf dem früh eingenommenen, empirisch begründeten Standpunkte, dass ein photographisches Objektiv chromatisch für den optischen Theil des Spektrums unterkorrigirt sein müsse; und diese Ansicht scheint denn auch in England allgemein angenommen zu sein.

Sehr nachdrücklich erklärte er sich wiederholt (*10.*) und (*19.*) gegen die Anwendung zu kleiner Blenden, welche infolge der Beugungsaberrationen den Eindruck des Reliefs verloren gehen und die Bilder flach erscheinen lassen. Er empfahl, sich von dieser schädlichen Wirkung übermässiger Abblendung dadurch zu überzeugen, dass man auch das Auge vermittelst fein durchlochter Blechstückchen abblende; man würde dann optisch denselben Eindruck der „Flachheit“ erhalten.

Fast den Schluss seiner schriftstellerischen Thätigkeit auf photographischem Gebiete macht 1864 ein Streit mit TH. ROSS (*2.*) um die Giltigkeit seines Patents auf die *aplanatic lens*, in dessen Verlauf es sich zeigte, dass diese Form der Landschaftslinse in ihrer Ueberlegenheit über die französische Form von A. ROSS wohl nicht klar erkannt war, aber doch schon früher Verwendung und öffentliche Beschreibung gefunden hatte. Nach dieser Diskussion finden wir nur wenig aus TH. GRUBB's Feder, und seine Mittheilungen hören nach 1867 ganz auf.

Rückblick.

Die vorstehende Darstellung wird gezeigt haben, in welch hohem Grade TH. GRUBB eine klare Einsicht in die Theorie der photographischen Objektive mit der Geschicklichkeit eines prakti-

sehen Experimentators verband. Seine stete Berührung mit der photographischen und optischen Praxis brachte ihn dazu, mit den allerverschiedensten Fragen sich in meist sehr glücklicher Weise zu beschäftigen, und es ist nur zu bedauern, dass er der rechnerischen Seite der Optik nicht mehr Beachtung schenkte, er hätte sicherlich mit der *aplanatic lens* den Erfolg erzielt, der nunmehr noch 9 Jahre auf sich warten liess.

Die Werkstätte von A. Ross.

Das Zusammenarbeiten von Thomas Ross und J. H. Dallmeyer zu Lebzeiten von Andrew Ross.

Die seinerzeit erwähnte Besprechung der Petzval'schen Landschaftslinse durch A. Ross scheint die letzte auf diesen Altmeister der tatonnirenden Optik zurückzuführende Publikation gewesen zu sein. Sein Geschäft, in welchem nun in steigendem Maasse photographische Linsen hergestellt wurden, erfreute sich eines wohlverdienten Ansehens nach aussen. Im Innern waren Veränderungen eingetreten, die für uns später von Wichtigkeit werden sollen. Ein junger, aus Preussen zugewanderter Kaufmann J. H. Dallmeyer kam wahrscheinlich im Beginn der 50er Jahre in Berührung mit dem jungen Th. Ross und heiratete die Tochter A. Ross', während er selbst in der Werkstätte eine Beschäftigung fand. Das Verhältniss der beiden Schwäger zu einander scheint nicht so gut geblieben zu sein, als es im Anfang war, und es mag das A. Ross bewogen haben, seinen Sohn Thomas bei den photographischen Objektiven, seinen Schwiegersohn dagegen mehr in dem Teleskopgeschäfte anzustellen. Ganz streng ist nun jedenfalls diese Scheidung nicht durchgeführt worden, es sind zum mindesten die bedeutendsten Ereignisse im photographischen Geschäft allgemein durchgesprochen worden. So scheint es, als ob A. Ross sich mit Hilfe seines Schwiegersohnes in die 1857/58 veröffentlichten Schriften J. Petzval's vertieft habe, und es ist ganz sicher, dass in einem Falle eine A. Ross zur Entscheidung vorgelegte Frage der photographischen Optik vor beiden Schwägern verhandelt wurde.

J. Rothwell's Theorem.

Der mit A. Ross in gewisser Beziehung stehende Th. Sutton sandte ein durch ein Diagramm erläutertes Theorem an A. Ross zur Begutachtung ein, welches die Bedingungen der Verzeichnungsfreiheit einer zweilinsigen Kombination enthielt. Der Verfasser J. Rothwell, der nach Th. Sutton's (*21.*) Angabe einen kleinen Krämerladen in Manchester inne hatte, sprach die Ansicht aus, dass bei einer zweifachen Kombination ähnlicher Menisken oder achromatisirter Plankonvexlinsen, die die Hohl- bez. Planseite nach

innen kehrten, die Blende in den Punkt gesetzt werden müsse, welcher den Linsenabstand im Verhältniss der Brennweiten theile. Alsdann treten nämlich die schiefen Strahlen aus der Linse parallel ihrer ursprünglichen Richtung aus, und zwar sowohl bei einer holo- als hemisymmetrischen Kombination. Leider ist die ursprüngliche Fassung dieses Theorems uns nicht erhalten, sondern nur eine von J. ROTHWELL selbst zwei Jahre später niedergeschriebene Form; doch können wir daraus und aus zwei gleichzeitigen Artikeln den Inhalt wie oben angegeben rekonstruiren. J. ROTHWELL hatte nämlich Anfang September 1858 sein Theorem mit Zeichnung an TH. SUTTON, den Herausgeber der *Photographic Notes*, zur Einsicht eingesandt, und dieser veröffentlichte zwei Leitartikel (*6.*) über diesen Vorschlag seines Korrespondenten, den er allerdings nicht persönlich nannte, sondern nur als „Korrespondent" einführte. TH. SUTTON unterbreitete, wie schon erwähnt, diesen Vorschlag A. ROSS, der ihn seinen beiden Helfern mittheilte und TH. SUTTON gegenüber als korrekt anerkannte.

Man wird auch aus der Thatsache, dass J. H. DALLMEYER noch in dem Todesjahre seines Schwiegervaters mit der Herstellung photographischer Objektive begann, nur die Schlussfolgerung ziehen können, dass die Trennung des teleskopischen und photographischen Geschäfts in A. Ross' Werkstätte doch nicht so streng durchgeführt war, als die Berichterstatter späterer Zeit uns glauben machen wollen.

Trennung der Schwäger.

Als nun am 8. September 1859 der Tod des 61jährigen A. ROSS erfolgte, trennten sich beide Schwäger, um zum mindesten auf dem Gebiete der photographischen Instrumente sehr ernstliche Gegner zu werden.

JOHN HENRY DALLMEYER. [* 1830, † 30. Dec. 1883.]

Wissenschaftliche Anlehnung?

Da wir ihre Laufbahn nunmehr getrennt zu verfolgen haben, so wenden wir uns zunächst dem rührigen J. H. DALLMEYER zu. Für diesen war der Beginn schwieriger, da er wenigstens für das grosse Publikum nicht als Nachfolger des berühmten A. ROSS galt. Es wird von ihm berichtet, wie H. SCHROEDER (*4. 9.*) mittheilt, er hätte an R. POTTER wissenschaftliche Anlehnung gesucht und gefunden, doch habe ich mir darüber keine Klarheit verschaffen können, da um diese Zeit R. POTTER nur in Verbindung mit J. T. GODDARD auftritt, dem er allerdings die gewünschten Formeln nicht selbst liefert.

Das *triplet*.

Als Thatsache ist es wohl anzusehen, dass er von dem Vorschlage J. ROTHWELL's ausgehend, die Absicht hatte, ein verzeichnungsfreies Objektiv zu konstruiren. Es zeigte sich bald, dass bei den annähernd plan-konvexen achromatischen Linsen J. ROTHWELL's an Bildfeldebenung gar nicht zu denken war. Zur Hebung dieses Bildfehlers schob nun J. H. DALLMEYER eine Zerstreuungslinse nahezu an die Blendenebene, um derart wenigstens praktisch die Verzeichnungsfreiheit des Objektivs zu erhalten. Es war das das gleiche Mittel, welches auch TH. SUTTON in seinem Triplet zur Bildstreckung anwendete, doch wird man wohl J. H. DALLMEYER (*2.*) zutrauen können, dass er ohne Mitwirkung jenes auf diese Korrektionsmethode kam, die dem damaligen Stande der Kenntnis des PETZVAL'schen Landschaftsobjektivs sehr wohl entsprach. Sehr bald nach der Fertigstellung dieses Objektives hielt er über die zu Grunde liegenden Principien einen Vortrag (*1.*) vor der Londoner photographischen Gesellschaft, aus welchem man ersehen kann, dass er auch in der Geschichte der photographischen Optik nicht unbekannt war; er erinnerte an G. B. AIRY und J. PETZVAL.

Ansichten über Distortion.

Die Distortion photographischer Linsen erklärte er sehr vernünftiger Weise durch die Prismenwirkung, die am Rande von Sammellinien stärker ist als in der Mitte; nimmt man nun noch hinzu, dass diese Prismenwirkung je nach der Blendenstellung ganz verschiedenartig auf die seitlichen Theile des Bildes wirken muss, so kann man leicht die Landschaftsobjektive in zwei Klassen eintheilen. Die erste Klasse bildet das einfache Objektiv mit Vorderblende. Hier werden die Hauptstrahlen, wenn sie die Linse passirt haben, eine von der ursprünglichen um so stärker abweichende Richtung einschlagen, je näher sie dem Rande auftrafen, und es ergiebt sich eine tonnenförmige Verzeichnung.

Stellt man die Linse vor die Blende, so werden die durch die Blendenmitte gehenden (Haupt-)Strahlen wiederum eine um so mehr von der ursprünglichen abweichende Richtung einschlagen, je näher sie dem Rande auffielen. Die daraus sich ergebende kissenförmige Verzeichnung lässt sich übrigens auch durch umgekehrte Verfolgung des Strahlenganges sofort aus der vorigen entnehmen.

Es ist nun ganz erklärlich, dass J. H. DALLMEYER, welcher beide Objektivtypen durch ein in der Praxis vorkommendes Landschaftsobjektiv illustriren wollte, für die zweite Möglichkeit ein Orthoskop mit einer zwischen die Einzeltheile der Negativlinse gestellten Blende wählte, wobei er sich sehr wohl bewusst war, dass diese Linse den Gang des Hauptstrahlenbüschels nur ganz wenig beeinflusst. Späterhin wird allerdings in gedankenloser Weise diese DALLMEYER'sche Zeichnung unverändert in optische Werke übernommen, um die Wirkung einer Hinterblende an der einfachen Landschaftslinse zu zeigen, wobei freilich durch die Negativlinse des Orthoskops weniger die Wirkung der Hinterblende als die Sachkenntniss des Autors in ein helles Licht gesetzt wird.

Am Schlusse des Vortrags wurde dann auch das Triplet mit den praktisch so abgestuften Blenden vorgeführt, dass die kleinere immer die doppelte Expositionszeit der grösseren bedingte.

Einführung der verzeichnungsfreien Triplets.

Hiermit war ein Objektiv geschaffen, welches sphärisch gut korrigirt war und für die Praxis genügende Verzeichnungsfreiheit ergab, wie wir aus der von TH. GRUBB (*13.*) vorgenommenen experimentellen Bestimmung wissen. Nicht

immer wird man sich mit der Art*) einverstanden erklären können, in welcher J. H. Dallmeyer die Verzeichnungsfreiheit seiner Linse anpries. Es geschah das auf Kosten der einfachen Landschaftslinse, bei der er den Betrag der Richtungsänderung des austretenden gegen den eintretenden Strahl auf 4° bei einer Neigung von 20° angab und vermuthen liess, diese 4° sei der in Winkelmaass ausgedrückte Betrag der Verzeichnung. Thatsächlich ist es nun nicht die Richtungsänderung selbst, sondern das schnellere Anwachsen der Richtungsänderung, und wie Th. Grubb (*13.*) zeigte, ist der Betrag der Verzeichnung in Winkelmaass nicht 4°, sondern 38′ auf 20° Axenneigung, und man versteht vollständig die Entrüstung Th. Grubb's über diesen Kunstgriff seines Konkurrenten.

Die *rapid landscape lens.*

Uebrigens scheint diese J. H. Dallmeyer ertheilte Lehre sehr gefruchtet zu haben, denn in 3 Jahren brachte er (*3., 4.*) seine natürlich auch mit Verzeichnung behaftete Landschaftslinse heraus, die der Th. Grubb's nahe verwandt ist, indem die Crownlinse in zwei Theile gespalten und vorn und hinten an die Flintlinse gekittet ist.

Die weitere Verfolgung von J. H. Dallmeyer's Lebenslauf muss in einem späteren Abschnitt erfolgen, da seine späteren Leistungen nicht mehr in den hier besprochenen Zeitraum fallen.

Thomas Ross. [* 1818/19,**) † 16. Dec, 1870.]

Beziehung zu Th. Sutton.

Gehen wir nun zu der Besprechung von Thomas Ross über, so besass derselbe von vornherein darin einen Vortheil vor seinem Schwager, dass er unter der altbekannten Firma seines Vaters das Geschäft fortsetzte. Doch scheint er nicht von der geschäftlichen Gewandtheit gewesen zu sein, die J. H. Dallmeyer besass, und sein wissenschaftlicher Beirath war für einen Geschäftsmann nur in bedingtem Grade fördernd. Th. Sutton hielt nämlich die Beziehungen zu der altbekannten Firma aufrecht, und Th. Ross ist wenigstens in der ersten Zeit auf seine Anregungen eingegangen. Auch nachher, wo er in der photographischen Optik auf eigenen Füssen stand, mag es ihm unzweckmässig erschienen sein, den Redakteur der *Photographic Notes* links liegen zu lassen, und so bildete sich allmählich ein typisches Leibblattverhältniss heraus, in welchem die *Notes* zu Th. Ross standen, wie es ähnlich zwischen Th. Grubb und dem von G. Shadbolt redigirten *British Journal* und späterhin zwischen J. H. Dallmeyer und dem *Photographic Journal* bestand.

Herstellung der *panoramic lens.*

An der Herstellung des *symmetrical triplet* in der ersten Form, in der es Th. Sutton herausbrachte, scheint sich Th. Ross nicht betheiligt zu haben; dagegen nahm er die Herstellung der *panoramic lens* auf und brachte den

---

*) B. J. 1862. 9. No. 164. 157; No. 167. 220.
**) Nach Th. Sutton (*20.*).

ganzen Aufnahmeapparat, d. h. Kamera, Platten und Objektiv (*1.*), Ende 1861 in die Form, in der er jetzt in den verschiedenen Lehrbüchern über photographische Objektive abgebildet erscheint. Ob der kommercielle Erfolg dieser Konstruktion ein bedeutender war, ist zum mindesten zweifelhaft, da die cylindrischen Platten und die mit ihrer Anwendung unvermeidliche Verzeichnung bei Abwicklung der Kopien in eine Ebene wohl nicht allzuviel Nachfrage nach diesem Instrumente gezeitigt haben mögen.

Actinic triplet.

Jedenfalls verschwindet die *panoramic lens* bald von der Bildfläche, und TH. ROSS' Bestrebungen sind wie die aller gleichzeitigen Optiker auf die Erzeugung eines verzeichnungsfreien Objektivs gerichtet. Er versuchte es in Anlehnung an TH. SUTTON's ersten Vorschlag und dadurch mittelbar auf J. ROTHWELL zurückgehend durch die Herausgabe eines *triplets*, in welchem Vorder- und Hinterlinse gleich gross und von gleicher Brennweite waren, das er als *actinic triplet* auf den Markt brachte. Von dem Erfolg dieses Objektivs hört man nun gar wenig, und es ist nicht anzunehmen, dass es eine grosse Zahl von Abnehmern gefunden hat.

ROSS' *doublet.*

Da that TH. ROSS denn endlich einen glücklichen Griff, indem er auf die *Collen lens* seines Vaters zurückging und dieser in der Zwischenzeit wenig veränderten Konstruktion durch Tieferbiegen der sie zusammensetzenden Menisken zu einem ebeneren Bildfeld verhalf. Er verkaufte sie als Linse für Architekturen und Reproduktionen ohne besonders grosse Oeffnung und hatte eine Einrichtung getroffen, die Vorderlinse in umgekehrter Lage allein als Landschaftslinse verwenden zu können, wobei allerdings der Blendenabstand geändert werden musste. Da das Objektiv praktisch verzeichnungsfrei war und auch wohl einen grösseren Winkel umfasste, als das DALLMEYER'sche *triplet*, so erwuchs diesem in dem neuen Objektiv ein gefährlicher Gegner mit einer geringeren Zahl von reflektirenden Flächen. TH. ROSS führte übrigens in einem Vortrage (*3.*) seine Konstruktion der photographischen Gesellschaft zu London vor, nicht ohne sich Seitenhiebe auf J. H. DALLMEYER, wenn auch ohne Namensnennung, zu leisten.

Von dem weiteren Lebenslauf TH. ROSS' habe ich so gut wie nichts aufzufinden vermocht. Ich vermag auch nicht anzugeben, warum dem jeder lauten Reklame abholden Manne auch nicht der geringste Nachruf in den Spalten des *British Journal* gewidmet wurde. In den nachfolgenden Abschnitten erscheint er noch einmal in Verbindung mit dem STEINHEIL'schen Aplanaten, dessen Fabrikationslicenz er nicht annahm.*)

Es ist ein trauriges Loos für den bescheidenen und durchaus rechtschaffenen Mann gewesen, zu sehen, wie er in der Produktion photographischer Objektive in England, die er im Geschäfte seines Vaters begonnen hatte, von seinem rührigen Schwager und Nebenbuhler überholt wurde. Den späteren glänzenden Umschwung in dem Verhältniss der beiden Firmen sollte er nicht mehr erleben.

---

*) Siehe den weiter unten veröffentlichten Brief der Brüder STEINHEIL.

THOMAS SUTTON. [* 22. Sept. 1819, † 19. März 1875.]

Leben. THOMAS SUTTON wurde am 22. Sept. 1819 zu Kensington geboren und besuchte als junger Mann die Universität Cambridge, die er 1846 nach einem mit einiger Auszeichnung*) bestandenen Examen verliess.

Er zog sich nach der Insel Jersey zurück, wo er hauptsächlich photographischen Studien, seien es praktische Versuche oder optische oder chemische Arbeiten, oblag, was dann schliesslich zur Begründung einer photographischen Zeitschrift, der *Photographic Notes*, im Jahre 1856 führte, die zu einem grossen Theile von ihm selbst geschrieben wurde. Eine kürzere Zeit hindurch verlegte er seinen Wohnsitz nach London, woselbst er an *King's College* die Stelle eines Docenten *(lecturer's)* für Photographie ausfüllte, doch sagte ihm das Londoner Leben nicht zu, und er ging wieder nach Jersey zurück. Seine Zeitschrift hörte 1868 zu erscheinen auf, worauf er sich dann nach Redon, einem kleinen Ort in der Bretagne zurückzog und mit dem Beginn des Jahres 1871 französischer Korrespondent des *British Journal* wurde. Sein Tod erfolgte am 19. März 1875.

Charakter. Die hervorragendste Eigenschaft dieses Mannes ist seine ungemeine Beweglichkeit. Keiner seiner Zeitgenossen und wohl auch niemand nach ihm hat in dieser Weise, selbständig vorgehend in der Theorie der optischen Instrumente, in der der photographischen Apparate und der chemischen Verfahren gearbeitet, und als wäre ihm dieses Gebiet noch zu klein gewesen, treffen wir ihn, um nur ein Beispiel anzuführen, als Erfinder eines durch Reaktionswirkung vorwärts getriebenen Dampfschiffes an. Es lässt sich denken, dass seine Leistungen nicht überall gleich gründlich gewesen seien, und auf dem Gebiete der photographischen Optik lässt sich das auch zeigen. Anregend war hier sein Vorgehen ohne Frage, aber es ist kein Zufall, dass man heute kaum mehr etwas von ihm kennt, als die optische Kuriosität der *panoramic lens.* So gut wie nie liess er irgend einen seiner Gedanken ausreifen, sondern brachte sie in ihrer ersten unbeholfenen Form vor die Oeffentlichkeit, in ungemessener Freude über den Fund frohlockend. Nöthigt ihn dann die unbequeme und jeder Redakteurlogik unzugängliche Hartnäckigkeit der Thatsachen, Aenderungen an der ersten Form anzunehmen,

*) Er war *twenty-seventh wrangler.* Man versteht unter erstem, zweitem, drittem u. s. w. *wrangler* diejenigen Examinanden, welche das beste, zweit-, dritt- u. s. w. beste mathematische Examen gemacht haben.

so geschieht das wohl, aber es fehlt ihm in der Regel an Beharrlichkeit weiterzuarbeiten und der Gegenstand wird schweigend fallen gelassen. Die Fähigkeit, einen Fehler einzugestehen, geht ihm so gut wie vollständig ab, besonders Personen gegenüber, denen er sich infolge seiner wissenschaftlichen Vorbildung überlegen glaubt, und er verfolgt dieselben mit dem ganzen Ingrimm eines Innungsmeisters gegen Bönhasen, wie man das besonders TH. GRUBB und G. SHADBOLT aber auch J. H. DALLMEYER gegenüber zeigen kann. In einer geradezu ungeheuerlichen Selbstüberhebung fällt er sein durch keinerlei Sachkenntniss getrübtes Urtheil über die Methoden, nach denen J. PETZVAL sein Objektiv rechnete, dessen in gewisser Hinsicht unübertreffliche Korrektion er gar nicht würdigen konnte — wundert er sich doch über die Beliebtheit dieses Instruments. Seinen Gegnern gegenüber ist ihm kein Mittel zu schade, um sie in den Augen des Leserkreises herabzusetzen, seien es direkt an ihre Adresse gerichtete Schmähungen, oder hämische Klatschereien, oder falsche Darstellungen. Wenn daher J. TRAILL TAYLOR in dem ihm gewidmeten Nekrolog von ihm sagt, er hätte in seine Tinte gar zuviel Galle gemischt, so kann man ihm darin wahrlich nur beistimmen.

Das Bild der einfachen Landschaftslinse.

Sein erstes Auftreten auf unserm Gebiete fällt in den Ausgang 1854, in welchem er (*1.*) Anlass zu dem auch schon von uns berührten Streit um die Landschaftslinse gab. Er vertrat damals die Ansicht, die Landschaftslinse liefere die besten Bilder, wenn nur ihr mittlerer Theil benutzt würde, wenn sie also mit einer kleinen enganliegenden Blende versehen würde. So sollte der durch die Arbeiten so tüchtiger Beobachter wie W. H. WOLLASTON, TH. DAVIDSON und G. CUNDELL gewonnene Erkenntnisszuwachs aufgegeben werden zu Gunsten der, wie es scheint, nur auf die Theorie gestützten vagen Ueberlegung, der centrale Theil einer Linse sei der beste. Die Zeichnung, welche er von dem Strahlengange durch den Meniskus gab, zeigt, dass er auch nicht im mindesten mit dem behandelten Gegenstande vertraut war, und seine Ansicht über die durch Verringerung der Oeffnung erreichbare Schärfe lässt ihn auf einem ganz falschen Standpunkte stehend erscheinen.

Er erfuhr sehr scharfen Widerspruch von TH. GRUBB (*1.*) und beschäftigte sich infolgedessen mit der Frage der Bildfeldkrümmung noch weiter, die er aber immer nur für meridionale Büschel verfolgt. Sehr bald schon kündete er den so oft gefundenen Satz an (*1, No. 29.*), bei der einfachen Plankonvexlinse sei der Radius der Bildfeldkrümmung gleich der Brennweite der Linse, vermehrt um den Radius der konvexen Fläche, doch steht seine Ableitung an Präcision und Allgemeingültigkeit hinter der von G. B. AIRY zurück. Von dem Vorhandensein der AIRY'schen Arbeit ist er unterrichtet, scheint aber (*1, Nr. 69.*) seine Ableitung dieses Theorems selbständig gefunden zu haben. Später (*5.*) giebt er auch noch einen geometrischen Beweis für die Richtigkeit dieses Satzes und kündet an, er könne den Beweis dafür erbringen, dass das Korollar desselben praktisch auch für die verkittete Landschaftslinse gelte; doch hat er

sein Versprechen, diese Beweise zu publiciren, mit Ausnahme des für die *französische Landschaftslinse* geltenden nicht gehalten. Man muss zu der ganzen Behandlungsweise bemerken, dass, wenigstens soweit sie uns publicirt vorliegt, immer nur die Meridionalschnitte berücksichtigt und die Sagittalschnitte mehr durch nachträgliche Ueberlegung eingeführt werden. Ferner ist, und darauf hat zu jener Zeit besonders TH. GRUBB aufmerksam gemacht, die Blendenentfernung in seiner Formel nicht enthalten, und diese ist für die Krümmung des gesammten Feldes besonders wichtig. Uebrigens mag noch bemerkt werden, dass bei TH. SUTTON schon hier der später leitend gewordene Gedanke auftritt, sich krummer Aufnahmeflächen zu bedienen, um dann nur centrische Strahlenbüschel benutzen zu können.

Die chromatische Korrektion der einfachen Landschaftslinse.

Ungefähr gleichzeitig beschäftigt er sich damit (2.), Formeln zur Berechnung der Landschaftslinse aufzustellen, bei denen er aber nur Rücksicht auf die chromatische Korrektion nimmt. Sein Formelschatz besteht aus folgenden drei (von ihm nicht in derselben Reihenfolge aufgeführten) Formeln:

a) $\frac{1}{f} = (n-1)\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right)$: die Definition der Brennweite für dickenlose Linsen.

b) $\frac{1}{f} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2}$: die Definition der Brennweite einer aus zwei dickenlosen einander berührenden Linsen zusammengesetzten Kombination.

c) $\frac{f_1}{f_2} = -\frac{\nu_2}{\nu_1}$: die Komponentenbrennweiten verhalten sich wie die Zerstreuungsverhältnisse (*dispersive powers*) der Glassorten.

Die Erfüllung der beiden Gleichungen b und c lässt noch einen Radius frei, den er aber nicht zur Erreichung der sphärischen Korrektion benutzt, sondern in Rücksicht auf andere Bedingungen, vielleicht die Bildfeldebenung wählt. An der ersten Stelle (2.) verweigerte er die Auskunft über die Principien dieser Bestimmung; im späteren Beispiel (4.) nahm er $r_1 = -3f$ an. Beide Beispiele rechnete er nach der vorher gegebenen Formel aus, aber immer noch ohne irgend welchen Werth auf die Herbeiführung sphärischer Korrektion zu legen, auf die doch TH. GRUBB in seiner Patentschrift hingewiesen hatte. Uebrigens hatte er in der ersten Mittheilung die Möglichkeit zweier Arten der Achromatisirung gar nicht gestreift, und man wird in seine Auffassung, er habe durch (2.) das GRUBB'sche Patent werthlos gemacht, um so weniger einstimmen können, als TH. GRUBB nicht die chromatische, sondern die sphärische Korrektion zum Gegenstand des Patents gemacht hatte.

Die Anregung durch J. ROTHWELL's Princip.

Die Erregung über J. PETZVAL's neue Landschaftslinse ergriff auch ihn, und zeitigte die schon erwähnte Erklärung (3.) ihrer Wirkungsweise. Doch verliess er dieses Thema bald, weil ihn die von J. ROTHWELL gegebene Anregung aufs höchste interessirte (6.), und man wird nicht fehlgehen, wenn man von diesem Ausgangspunkte an seine selbständige Erfinderthätigkeit rechnet.

Das *triplet*.

Das erste von ihm noch Ende 1858 herausgegebene Objektiv (7.), von ihm *architectural view lens* oder *Sutton's triplet* genannt, schliesst sich noch eng an den ROTHWELL'schen Gedanken an: es ist noch das ROTHWELL'sche holosymmetrische Objektiv mit bildebnender eingeschobener Negativlinse, die

praktisch sich der Brennweite nach zu den positiven Brennweiten wie 8 : 13 verhält. Hier und in (*8.*), dem vor der *British Association* gehaltenen Vortrage ist ihm diese Kombination noch völlig verzeichnungsfrei, denn es seien drei Regeln erfüllt: 1. die Richtung des austretenden Büschels sei parallel der des eintretenden, 2. die Büschelaxen schnitten sich in einem bestimmten Punkte, und 3. das Bild eines leuchtenden Punktes entstehe an der Stelle, wo die Büschelaxe die Mattscheibe durchstösst. Man kann dazu bemerken, dass die 2. Bedingung unglücklich gefasst ist. Es kommt darauf an, dass die Mittelblende durch den vorderen und hinteren Theil aberrationsfrei abgebildet werde, was bei dieser Kombination nicht der Fall ist. Die 3. Bedingung hat mit der Schärfe des Bildes, nicht aber mit der Verzeichnung etwas zu thun, denn bei dünnen Büscheln wird man stets den Bildpunkt auf der Mattscheibe da suchen, wo der Hauptstrahl dieselbe durchstösst.

Die Negativlinse aus Quarz (s. oben S. 169) würde zwei Uebelstände im Gefolge haben, einmal die Störung der Achromasie und dann die Einführung der Doppelbrechung. Es sind aber beide Nachteile bei einem so wenig korrigirten Systeme nicht von besonderer Bedeutung. Das mit grossem Lärm in die Welt gesetzte System wollte sich aber nicht bewähren; nur aus Edinburgh kam ein zustimmender Bericht, doch galt er dem Triplet nur aus Versehen, von rechtswegen kam er einer Konstruktion J. T. Goddard's zu (S. 164).

Die *panoramic lens* und ihre Ableitungen.

Ungefähr ein Jahr später nahm er ein Patent auf die *panoramic lens*, die früher beschrieben wurde, und zeigte in (*9.*) durch Versuche, dass es möglich sei, die Linse chromatisch zu korrigiren, wenn man den Radius der inneren Kugelfläche der Glasmasse anpasste (*11.*). In (*10.*) fand er bei Füllung der Kugel mit warmem statt mit kaltem Wasser keinen Unterschied in der Zeichnung, und thatsächlich wird das kleine Oeffnungsverhältniss dieser Linse den Unterschied nicht haben hervortreten lassen. Er wies darauf hin, dass keine Nothwendigkeit bestehe, die beiden Glashalbkugeln aus demselben Glase zu machen, und kam auf seine alte Liebhaberei zu sprechen, die *panoramic lens* erlaube das sekundäre Spektrum durch Vereinigung dreier Wellenlängen zum Verschwinden zu bringen. Ein Beispiel dafür giebt er indessen nicht. Interessant ist die Achromatisirungsmethode, bei der er (*9.*) J. Petzval analog die rothen und violetten Strahlen zusammenfallen zu lassen vorschlägt.

Durch Th. Grubb's Angriff auf die fehlerhafte Perspektive der in die Ebene abgewickelten Bilder der *panoramic lens* veranlasst, ging er in einem Vortrage (*12.*) auf diese Frage ein, natürlich ohne die auf richtigen Ueberlegungen beruhenden Einwände Th. Grubb's widerlegen zu können. Im Grunde musste er eben zugeben, dass die richtige Form für Bilder der *panoramic lens* doch der Cylinder sei, in dessen Axe das betrachtende Auge gebracht werden müsse.

Aus der *panoramic lens* abgeleitet sind zwei Objektive, die aber wohl niemals ausgeführt sind.

Die *cylinder lens* (*13.*). Schneidet man durch einen geraden Kreiscylinder, dessen Axe durch den geometrischen Mittelpunkt der *panoramic lens* geht, ein entsprechendes Stück aus dieser Linse heraus, welches aus zwei kongruenten konkav-konvexen Glaslinsen und einer dicken bikonvexen Flüssigkeitslinse bestehen würde, so würde diese mit enger Mittelblende versehene Kombination ein verhältnissmässig gekrümmtes Bildfeld besitzen. Da ein solches für diese zu Reproduktionen bestimmte Linse nicht geeignet wäre, so wird an die Stelle der Blende wiederum eine Konkavlinse zur Bildebenung eingeschoben.

Selbstverständlich verliert die Kombination dann aber die völlige Verzeichnungsfreiheit, da das Hauptstrahlenbüschel mit Aberrationen behaftet wird, ausserdem das System nicht ganz symmetrisch bleibt; denn die Frontlinse wird der chromatischen Korrektion wegen dünner gemacht.

The fluid orthoscopic lens (*14.*) kann als die Hälfte einer *panoramic lens* bezeichnet werden. An die Mittelblende ist wieder die bekannte Konkavlinse geschoben und in den Zwischenraum zwischen dieser und der Vorderlinse ebenso wie in den zwischen der Konkavlinse und der lichtempfindlichen Schicht, wird Wasser gegossen.

Auf einer ähnlichen Stufe nicht völliger Durcharbeitung stehen die *double meniscus view lenses* (*15.*), zweifache Landschaftslinsen mit Vorderblende. Mit diesen Typen scheint Th. Sutton den Versuch gemacht zu haben, die Verzeichnung zu korrigiren.

Eine eigenthümliche Unfähigkeit, von althergebrachten Ideen loszukommen, wohnte ihm bis zu einem ausserordentlich hohen Grade inne. So hält er an der in England allerdings hergebrachten Art, für die relative Oeffnung einer Kombination den reellen und nicht den scheinbaren Blendendurchmesser zu Grunde zu legen, so fest, dass er in (*17.*) thatsächlich den Vorschlag machte, eine kleine Blende möglichst weit von der sammelnden Frontkombination zu entfernen, um ihren scheinbaren Durchmesser zu vergrössern und so den Vortheil grosser Lichtstärke mit dem grosser Tiefe zu vereinen (*„to have in fact a „strongly illuminated image and an instantaneous exposure with all the advan„tages of a small diaphragm for giving depth of definition“*).

Aufstellung der Bow-Sutton'schen Bedingung der Verzeichnungsfreiheit.

Von der entschieden unglücklichen Richtung, die er in diesen letzten optischen Arbeiten eingeschlagen hatte, wandte er (*16.*) sich gelegentlich der Besprechung von R. H. Bow's Vortrag (*1.*) wieder ab. Er war in diesem Artikel angegriffen; die Verzeichnung des Triplets war darin auf einen hohen Betrag veranschlagt worden. Er wandte sich nun nicht gegen den eigentlichen Grundfehler R. H. Bow's, sondern hob den Grund des von jenem infolge der sorgfältigen Rechnung bemerkten Abbildungsfehlers recht deutlich hervor. Die Verzeichnung ist nach ihm durch die sphärische Aberration des Hauptstrahlenbüschels bedingt (*„because the front lens has not the power of brin„ging all the rays of a large converging pencil to the same exact focus“*). Die präcise Form des im Innern des Objektivs aberrationsfrei verlaufenden Hauptstrahlenbüschels und seine mit sphärischer Aberration nach beiden Aussenseiten erfolgende Abbildung hat er in dem Artikel nicht gegeben; indessen ist er wohl im Besitz dieser Vorstellung gewesen, da er die thatsächlich die Verzeichnung bedingenden Beträge der sphärischen Längsaberration mit dem Ausdrucke *„displacement which the oblique pencils undergo“* als die Ursache einführte, welche trotz parallelen Austritts die Verzeichnung bedingte.

Anwendung des Satzes auf die dünne Landschaftslinse.

Kurze Zeit darauf beschäftigte er sich (*19.*) mit der Verzeichnung der Einzellinse und fand dieselbe nicht, wie er früher glaubte, darin, dass die austretenden Strahlen gebrochen werden und nicht mehr parallel austreten, sondern darin dass sie der Tangentenbedingung nicht gehorchen. Das fällt in dem von ihm behandelten Falle unter den dort gemachten Annahmen zusammen mit der aberrationsfreien Abbildung der Blendenmitte durch die Landschaftslinse. Er nahm dabei an, dass die Linse unendlich dünn sei, und dass er die Punkte des Strahlenaustritts mit denen des Eintritts identificiren könne, was bei einer dicken Linse nicht mehr angängig ist.

Er schlug auch (*19.*) einen solchen Typus der Landschaftslinse vor, bei

welchem die Kittflächen plan waren, um an denselben möglichst geringe sphärische Aberrationen einzuführen. Der Versuch (*23.*), TH. ROSS zur Ausführung zweier Exemplare und zur Konstruktion eines aus beiden bestehenden symmetrischen Doublets mit geringster Verzeichnung zu veranlassen, scheint TH. SUTTON fehlgeschlagen zu sein, was um so bedauerlicher ist, als später die

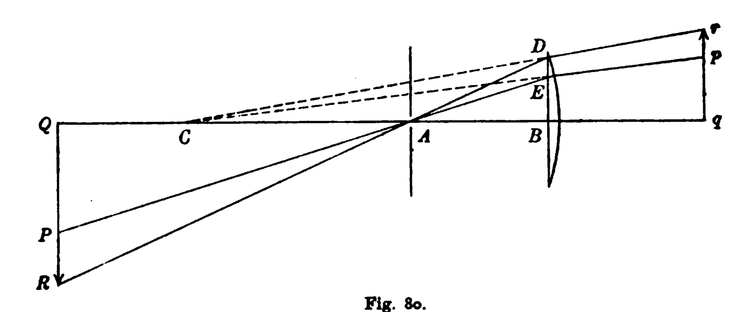


Fig. 80.

Zur Verzeichnung der Einzellinse aus M. v. ROHR (*5.*).

Entworfen nach TH. SUTTON's (*19.*) Diagramm unter Beibehaltung der ursprünglichen Bezeichnung; nur wurde in der Zeichnung rechts und links vertauscht, um auch hier den Strahlengang von links nach rechts gehend darzustellen.

Rücksichtnahme auf die Verzeichnung des symmetrischen Doublets ganz ausser Acht gelassen wurde.

TH. SUTTON hatte in der behandelten Arbeit wohl noch Ueberlegungen für einen rohen Ueberschlag über die Bildebenung angestellt, die wir hier nicht zu behandeln brauchen; doch scheint es ihm nicht in den Sinn gekommen zu sein, die Folgen zu untersuchen, welche die auch in seiner neuen Linse vorhandenen sphärischen Längsaberrationen *im einzelnen* hinsichtlich der Verzeichnung nach sich zogen.

Die Reflexbilder. Wohl der letzte Artikel in den *Photographic Notes*, welcher auf unsern Autor zurückgeht, behandelt die Reflexbilder (*22.*). Schon vor langer Zeit hatte C. SPRINGHAM unter dem Pseudonym „ONWARD" den Lichtfleck als das Bild der Blende hingestellt, welches infolge doppelter Reflexion an den Linsenflächen auf die Platte geworfen werde, und hatte das damit begründet, dass man bei andersgeformter, beispielsweise sternförmiger Blende auch einen sternförmigen Blendenfleck erhalte. Er erfuhr damals Zustimmung, auch von TH. SUTTON, und reklamirte seine Priorität, als J. H. DALLMEYER (*8.*) die HERSCHEL'sche Erklärung auf Grund derselben Darstellung vorbrachte. Hierdurch angeregt, veröffentlichte TH. SUTTON (*22.*) eine Modifikation seiner früheren Ansicht, indem er nunmehr den Blendenfleck auffasste als die Begrenzung des von einem leuchtenden Punkte ausgehenden Kegels, welcher zweimalige Reflexion erlitten hätte. Bei einer einfachen Plankonvexlinse gab er auch ein auf Abstandsänderung beruhendes Mittel an, um diesen Blendenfleck möglichst unschädlich zu machen.

Rückblick. Fassen wir zum Schlusse unsere Anschauungen von der Thätigkeit dieses Mannes auf optischem Gebiete zusammen, so müssen wir zu dem Ergebniss kommen, dass er die Gunst der Zeit, in der

er stand, nicht recht zu benutzen wusste. Gewiss wird man einen Theil der Missgriffe, die er machte, darauf schieben müssen, dass er nicht in steter täglicher Berührung mit der praktischen Optik war, viel schwerer aber wog ohne Frage sein Mangel an Selbstkritik. In verschiedenen Fällen haben wir darauf hindeuten müssen, dass er einen nahen Erfolg sich entgehen liess, weil er auf dem schon eingeschlagenen Wege nicht weiter fortschritt, aber der Hauptfehler war doch seine Stellung zum Rechnen. Er ist trotz seiner so oft gerühmten theoretisch-mathematischen Universitätsbildung ein warmer Vertheidiger der tatonnirenden Optik, und nur mit Mitleid betrachtet er (*18.*) die rechnerischen Bestrebungen des ehrlichen J. T. GODDARD. Die Anwendung der Theorie der geometrischen Optik schien ihm wie seinen Zeitgenossen in England doch gar zuviel Mühe zu bereiten, und so liess man sie eben liegen. Immer kürzer wurde die Frist, die bei richtiger Benutzung die englische Optik auf ihrer Höhe hätte erhalten können, und TH. SUTTON hat kaum gemerkt, dass mit dem Auftreten A. STEINHEIL's eine neue Periode der Optik begann.

ROBERT HENRY BOW [* 27. Jan. 1827.]

Von grosser Bedeutung für die theoretische Erledigung einer ganzen Reihe von Fragen aus der photographischen Optik ist der schottische Civil-Ingenieur R. H. BOW, der uns im Beginne der 60er Jahre als Vicepräsident der Edinburgher Photographischen Gesellschaft entgegentritt.

Er wurde zu Alnwick, Northumberland, geboren (P.), nahm seinen Wohnsitz zu Edinburg und beschäftigte sich in seinem Berufe als Civil-Ingenieur hauptsächlich mit der Theorie von Balkenkonstruktionen von grosser Spannung. Seine wissenschaftliche Bedeutung wurde u. a. dadurch anerkannt, dass er Vicepräsident der *Royal Society* in Edinburgh wurde.

Seine Interessen sind sehr vielseitig und nicht zu einem geringen Maasse der Optik und Photographie zugewandt; so findet sich im *British Journal Photographic Almanac* von 1898 noch ein Beitrag von ihm.

Stellung in der photographischen Optik.

In R. H. BOW finden wir einen mathematisch und physikalisch geschulten Theoretiker, welcher es in hohem Maasse versteht, die an ihn herantretenden Fragen aus der photographischen Optik auf eine derartige Form zurückzuführen, welche eine nicht gar zu sehr über das allgemeine Verständniss hinausgehende mathematische

Diskussion zulässt. Da er auch auf die ihm zugänglichen — meist englischen — Arbeiten ähnlicher Art zurückgeht, so kann er seine Untersuchungen auf Gebieten anstellen, die vor ihm noch gar nicht oder nur unvollständig bearbeitet waren. Er macht wohl, wie TH. GRUBB und J. T. GODDARD, Versuche, einen Strahl trigonometrisch durch ein System hindurch zu verfolgen, aber auch er wird von der Fortsetzung dieser Bemühungen abgeschreckt, welchen er mehr zu eigener Information als für die Zwecke des ausführenden Optikers näher getreten war. Man kann wohl annehmen, dass ein so gründlicher Kopf, wie R. H. BOW, auf diesem Standpunkt nicht inne gehalten haben würde, wenn er nähere Fühlung mit der Praxis gehabt hätte, aber auch hier waltet das für die englische Optik dieser Zeit so charakteristische Verhängniss, dass der einflussreiche kapitalkräftige Praktiker in der Optik — und da sind selbst Männer wie TH. GRUBB nicht auszunehmen — die Wichtigkeit theoretischer Forschung nicht erkennt oder nicht hoch genug schätzt und sich so die gedeihliche wissenschaftliche Hilfe nicht sichert.

Graphische Konstruktion konjugirter Punkte.

Die Theorie der GAUSS'schen Hauptpunkte und die aus ihr so leicht abzuleitenden graphischen Konstruktionen der Lage von Objekt und Bild scheinen ihm unbekannt, indessen entwickelt er wenigstens ein Analogon zu denselben, nämlich eine einfache Methode, den Ort des Bildpunktes auf der Axe zu finden, wenn der Objektpunkt in seiner Lage zum optischen Centrum und die Aequivalentbrennweite gegeben ist.

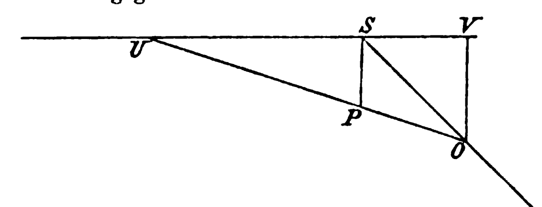


Fig. 81.
R. H. Bow's graphisches Verfahren der Auffindung konjugirter Punkte.

Ist U der Objektpunkt auf der Axe UV, so errichtet man in dem optischen Centrum S die Senkrechte $SP = f$ und zieht durch S die unter 45° gegen die Axe geneigte Grade SO. Die Verbindungslinie UP schneidet dieselbe in O, einem Punkte, der senkrecht über dem gesuchten Bildpunkte V liegt. Die Richtigkeit der Konstruktion ergiebt sich sofort aus der Proportion:

$$u : f = u + v : v$$

aus der sich leicht die Fundamentalgleichung ableiten lässt:

$$\frac{1}{u} + \frac{1}{v} = \frac{1}{f}$$

Diese in dem ersten Decemberheft des Jahres 1865 in *The British Journal of Photography* enthaltene Darstellung gehört einer Reihenfolge von 15 Artikeln an, welche R. H. Bow in den Jahren 1865 und 1866 zur Belehrung der Leser dieser Zeitschrift über photographische Optik veröffentlichte, auf die wir hier aber nicht näher einzugehen haben, da sie natürlich sehr populär gehalten sind, und uns zur Schilderung von Persönlichkeit und Leistungen des Verfassers noch andere, wissenschaftlich bedeutendere Arbeiten zur Verfügung stehen.

Theorie der Verzeichnung der Einzellinse und der Korrektion im symmetrischen Doppelobjektiv.

Die erste derselben, aus dem Jahre 1861 stammend (*1.*), beschäftigt sich mit den bei photographischen Aufnahmen vorkommenden Arten von Distortion, denn unter diesem gemeinsamen Namen begriff R. H. Bow sowohl die in der Planperspektive nothwendig eintretende Erscheinung, dass Weitwinkelaufnahmen, von einem falschen Gesichtspunkte betrachtet, einen perspektivisch übertriebenen Eindruck machen, als auch die Verzeichnung durch das Objektiv selbst. Auf das erste Gebiet, die *portrait distortion*, lassen wir uns gar nicht ein, wir haben uns hier allein mit dem letzteren Theile, der *chart distortion*, zu beschäftigen. Für seine Arbeit legte er hier, wie auch später immer, eine plankonvexe Crownglaslinse von n = 1 . 5 zu Grunde und betrachtete nunmehr den Fall, dass ein monochromatisches Hauptstrahlenbüschel die Linse durch

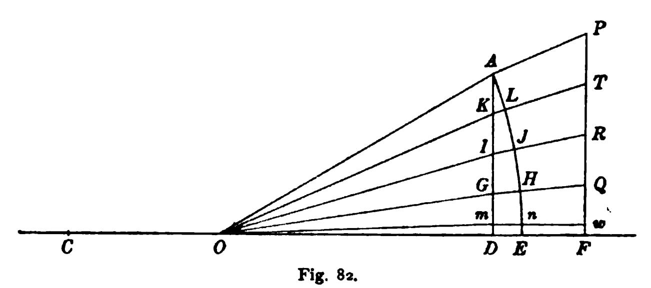


Fig. 82.
Zur Verzeichnung der Einzellinse und der Korrektion im Doppelobjektiv nach R. H. Bow (*1.*).
Figur aus M. v. Rohr (*5.*) entnommen.

eine der Planfläche in der Entfernung vorangestellte enge Blende passirt, dass die Verbindungslinie der Blendenmitte mit dem scharfen Linsenrande gegen die Linsenaxe unter 30° geneigt ist. Als Repräsentanten dieses Büschels dienen ihm 4 Strahlen, deren trigonometrische Tangenten der Reihe nach sind: $^1/_4$ tg 30°, $^2/_4$ tg 30°, $^3/_4$ tg 30° und $^4/_4$ tg 30°; deren Bahn wird also mit Hilfe von trigonometrischer Rechnung durch dieses einfachste System verfolgt. Die Verzeichnung definirt er nun rein als Abnahme des Tangentenverhältnisses der Hauptstrahlen bei unendlicher Bildentfernung, was allerdings für endliche Bildabstände nicht strenge gilt, da dann auch die sphärische Aberration des Hauptstrahlenbüschels noch hineinkommt; diese berücksichtigte er indess nur anscheinend nicht für seine Theorie, indem sie naturgemäss in seine richtigen trigonometrischen Rechnungen einging. Sind so die für einen bestimmten Axenabstand, also auch für die Peripherie des mit demselben um die Axe beschriebenen Kreises geltenden, *lateralen* Verkürzungen bestimmt, so machte er auch einen Versuch, die *radiale* Kontraktion bei verschwindend kleinem Zuwachs des Radius zu berechnen, der allerdings nicht völlig verständlich ist, indess kam er doch zu einem Resultat, welches ihn befähigte,

den Abbildungsfehler eines kleinen Quadrats am Rande des Gesichtsfeldes zu bestimmen. Sein Gedanke ist nun, die Verzeichnung einer Linse mit Vorderblende durch die einer zur Blende entgegengesetzt gestellten, ähnlichen Linse zu korrigiren. Stellt man zwei solche Linsen einander entsprechend gegenüber, und wird ihr Blendenabstand richtig bestimmt, so kann man eine für praktische Zwecke genügende Aufhebung der Verzeichnung erreichen, wenn auch Objekt- und Bildebene in der richtigen Entfernung von den zugewandten Linsenflächen stehen. Ist dagegen der Blendenabstand nicht richtig regulirt, so kann auch bei einem symmetrischen Doppelobjektiv sich eine sehr beträchtliche Verzeichnung ergeben, welche am stärksten hervortreten würde, wenn man dasselbe zur Aufnahme eines unendlich entfernten Gegenstandes benutzen wollte. Doch treten Verzeichnungen, wenngleich nicht so starke, auch auf bei Reproduktionen in nicht natürlicher Grösse, denn nur für solche ist das holosymmetrische Objektiv streng frei von Verzeichnung. Will man auch andere Reduktionen absolut richtig ausführen, so muss ein hemisymmetrisches Objektiv gebildet werden, in welchem die Kartenlinse zur Kopielinse in dem gleichen Grössenverhältniss steht, wie die Karte zur Kopie. Hiermit wäre nun diese Frage endgültig geregelt, besässen nicht die aus plankonvexen Linsen gebildeten symmetrischen Objektive eine so schlechte Bildfeldebenung, dass man zu dem Auskunftsmittel greifen müsse, ungefähr an die Stelle der Blende eine Zerstreuungslinse zu setzen, um dadurch eine bessere Korrektion der schiefen Büschel zu erzielen. Er sprach zum Schlusse die Hoffnung aus, es werde ihm gelingen, durch passende Durchbiegung der Plankonvexlinse zu einem Meniskus auch die Bildebenung zu verbessern, sodass er dann streng der Theorie entsprechend jedes beliebige Grössenverhältniss zwischen Karte und Kopie durch Verwendung des entsprechenden hemisymmetrischen Objektivs würde erzielen können.

Der Eindruck, den die besprochene Arbeit auf einen heutigen Leser macht, ist ein sehr ansprechender, da man sofort sieht, dass sie das erste Werk eines an die Verfahren der rechnenden Optik noch nicht gewöhnten Mannes ist. Der Hauptfehler in seiner Arbeit ist der, sowohl Bild- als auch Objektentfernung bei gegebenem System beliebig zu verändern. Solange nur die durch eine unendlich enge Blende durchgelassenen Hauptstrahlen betrachtet werden, ist dagegen nichts zu erinnern, sobald es sich aber, wie in der Praxis immer, um Systeme endlicher Oeffnung handelt, wird in vielen Fällen das Bild wegen völliger Unschärfe unbrauchbar, denn die Mattscheibe ist nicht mit Rücksicht auf die Deutlichkeit in den zum Objektaxenpunkte konjugirten Bildpunkt gebracht, sondern für ihre Stellungen waren nur die Rücksichten auf Vermeidung der Verzeichnung massgebend. Es sei aber ausdrücklich hervorgehoben, dass bei der Verwendung symmetrischer Objektive zur Erzielung mathematisch strenger Reduktionen die nach seiner Theorie ermittelten Abstände mit dem Gesetze der konjugirten Abstände übereinstimmen. Eine eingehendere Analyse dieser sehr interessanten Arbeit habe ich (*5.*) gegeben.

Streng ähnliche Reproduktionen mit Einzellinsen.

Später, 1863, kam er noch einmal (*4.*) auf die Angelegenheit der Kartenreproduktion zurück und gab eine Methode an, mathematisch genaue Kopien gleicher Grösse mit Hilfe einer einfachen Landschaftslinse herzustellen. Sein Verfahren bestand darin, dass man zuerst mit der Linse in gewöhnlicher Stellung — hohle Seite und Blende zum Objekt — eine verkleinerte, natürlich verzerrte Kopie der Karte anfertigte und dann ohne Aenderung des Abstandes und der Stellung der Linse diese Kopie als Objekt benutzte. Von diesem

machte man nun, die Landschaftslinse für den genau umgekehrten Strahlengang beanspruchend, eine im gleichen Verhältniss vergrösserte Aufnahme, bei der dann natürlich infolge der absoluten Identität des Strahlenganges eine Reproduktion erzielt wurde, die dem ursprünglichen Originale vollkommen gleich war, soweit nicht etwa Plattenfehler Abweichungen verursacht hatten. Jedenfalls war aber eine ganz und gar verzeichnungsfreie Kopie entstanden. Machte man nun die zweite Aufnahme nicht in der Grösse des ursprünglichen Originals, sondern etwas grösser oder etwas kleiner, so war zwar mathematisch keine Verzeichnungsfreiheit mehr vorhanden; für alle praktischen Zwecke indessen war das Ziel erreicht, und man hatte bei dieser Methode auch einen gewissen Spielraum im Maassstabe zur Verfügung. Ueber den diesem Vorschlage zu Grunde liegenden Gedanken haben wir uns schon (S. 17) geäussert.

Ausgleichung des Lichtabfalls nach dem Rande durch absorbirendes Material.

In der nächsten seiner Arbeiten (*2.*) beschäftigte er sich mit der Frage, ob man nicht die häufig vorkommende Färbung der Crownglaslinsen dazu verwenden könne, der natürlichen Lichtabnahme nach dem Rande der Platte hin entgegenzuarbeiten. Aus den angestellten Versuchen ergab sich ihm, dass man ein für den Zweck genügend gefärbtes Crownglas finden könne. Die Arbeit blieb nicht ohne Widerspruch von Seiten TH. GRUBB's (*15.*), doch kann man wohl sagen, dass R. H. Bow in seiner Gegenerklärung in allen wesentlichen Punkten die Richtigkeit seiner Angaben erfolgreich vertheidigt hat.

Er nahm an, dass die aktinische Intensität I des durch eine Platte von der Dicke t durchgelassenen Lichtes sich darstellen lasse durch

$$I = A a^t$$

wobei $A a$ die von der Axendicke $t = 1$ durchgelassene Lichtmenge bedeutet. Bei einer sammelnden Crownglaslinse ist nun die Dicke in der Mitte am grössten, und es haben demzufolge innerhalb der Linse die Axenstrahlen einen grösseren Glasweg zurückzulegen als die unter dem Winkel Θ gegen die Axe von der Blendenmitte ausgehenden schiefen Hauptstrahlen. Mithin ist die durch die Linse unter sonst gleichen Verhältnissen durchgelassene Lichtmenge $I = A a^t$ eine mit Θ wachsende Grösse. Dieselbe ist nun noch mit einer gewissen Potenz des $\cos \Theta$ — wie R. H. Bow damals noch fälschlich annahm, der dritten — zu multipliciren, um die Lichtwirkung auf jeden Punkt der Platte zu erhalten. Seine richtige Idee ist nun die, die Konstante $A a$ durch Auswahl eines genügend stark absorbirenden Glases so zu bestimmen, dass für einen gewissen Winkel Θ_1, dem t_1 entspricht,

$$a^{t_1} . \cos^3 \Theta_1 = a$$

wird. Dann wird offenbar für $\Theta = 0$ und für $\Theta = \Theta_1$ die Intensität des durchgelassenen Lichts einander gleich und zwar gleich $A a$. Es liess sich dann leicht durch Aufstellung von Tabellen zeigen, dass für alle zwischenliegenden Winkel $0 < \Theta < \Theta_1$ eine sehr viel bessere Ausgleichung der Lichtintensität erreicht sei, als bisher mit dem möglichst wenig absorbirenden Glase. In einer drei Jahre später erscheinenden Notiz (*5.*) machte er dann selbst auf seinen Fehler aufmerksam und korrigirte ihn dahin, dass die Lichtintensität gegen den Rand hin nicht wie die *dritte*, sondern wie die *vierte* Potenz des Cosinus des Einfallswinkels Θ variire. Er hob dabei übrigens gleich hervor, dass die Ableitung für Doublets gemacht sei und für die Landschaftslinse nur nach Vornahme gewisser Einschränkungen Gültigkeit habe.

Ungefähr um die gleiche Zeit (1866) behandelte er (7.) das Problem der Ausgleichung der Lichtintensität in einem ganz anderen Sinne und versuchte eine Lösung dieser Frage auf dem seinerzeit von TH. GRUBB benutzten Wege. Er schlägt in Ausarbeitung einer von GEORGE H. SLIGHT angegebenen Idee vor, eine gradlinig begrenzte Blende vor das Diaphragma des Objektivs zu stellen. Dann wird der centrale Theil der Platte natürlich am stärksten abgeblendet, während die Randtheile gleichsam von einem Objektive grösserer Oeffnung ausgezeichnet werden, und es lässt sich ferner dabei durch passende Gestaltung der Abblendungsplatte der Vordergrund stärker als der Himmel belichten. R. H. BOW zeigt durch Beispiele, dass die Lichtintensität längs der Horizontalen sich für grössere Einfallswinkel, etwa 30 und 40° zur Axe, recht gut ausgleichen liesse. Es ist im wesentlichen das von TH. SUTTON wohl zuerst und zwar im *butterfly diaphragm* benutzte System einer Blendenvorrichtung, deren Bestandtheile in verschiedenen Ebenen liegen. Genauere Angaben über diese Anordnung habe ich (7.) unter Beifügung einer Tabelle gegeben, aus der die Resultate der Ausgleichung ersichtlich sind.

Ausgleichung des Lichtabfalls nach dem Rande durch Blendvorrichtungen.

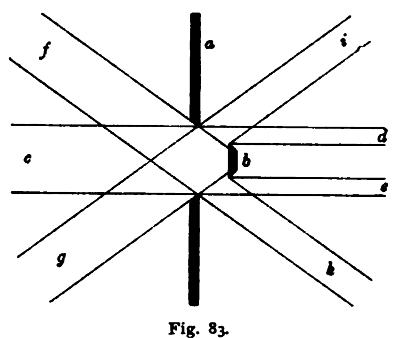


Fig. 83.
Horizontalschnitt durch die SLIGHT-BOW'sche Ausgleichsanordnung.
a Blende, b Blendungsscheibe. Während das axiale Büschel auf die kleinen Theile d und e reducirt wird, werden die geneigten Büschel f und g weniger abgeblendet, so dass h und i übrig bleiben.
Figur aus M. v. ROHR (7.) entnommen.

Noch auf einem weiteren Gebiete ist unser Verfasser schriftstellerisch thätig gewesen und hat zweifellos zur Klärung der Ansichten beigetragen, und zwar bei der Behandlung des Wesens der astigmatischen Bildfeldkrümmung. Ueber dieses Thema hielt er im Jahre 1863 einen Vortrag (8.) und belebte ihn durch die Vorführung mehrerer Modelle, welche den Vorgang der Deformirung schief auffallender Büschel deutlich vor Augen führten. Der Vortrag selbst enthielt zunächst die Beschreibung einer Prüfungsvorrichtung auf Astigmatismus. Dieselbe bestand im wesentlichen aus einer drehbar montirten Kamera, die zunächst auf ein in der Richtung der Axe weit entferntes Objekt eingestellt und dann successive um 5° gedreht wurde. Bei schiefen Strahlen wurde nach einander auf die Horizontalen und auf die Vertikalen scharf eingestellt und dann die Lage der Einstellungspunkte H und V auf den die Richtung der Büschelaxen angebenden Graden bezeichnet. Durch Verbindung der Punktsysteme H und V erhielt man Kurven, welche sich im Brennpunkte berührten und nichts anderes darstellten, als einen Horizontalschnitt durch die beiden Bildflächen für meridionale und sagittale Büschel. Bei einem in seiner Zusammensetzung genau bekannten Systeme sei die rechnerische Auffindung der Kurven H und V nun wohl möglich, aber ausserordentlich schwierig, und deshalb ging R. H. BOW nicht auf diese in der That langwierigen Rechnungen ein, sondern machte die uns schon aus seinen früheren Arbeiten bekannte vereinfachende Annahme einer plankonvexen Crownglaslinse zunächst mit der Blende aussen, an der konvexen Seite. Unter

Astigmatismus und Bildfeldkrümmung.

dieser Annahme berechnete er die beiden Bildkurven, in welchen die Horizontalebene durch die Objektivaxe die beiden Bildflächen schneidet und fand dabei, dass die V-Kurve ein seine stärker gekrümmte Seite der Linse zukehrendes und sie im Scheitel berührendes Oval ist, während die Kurve der H ein Kreis wird, der im Falle von $n = 1.5$ einen Radius von $0.6\,r$ hat, wenn r den Radius der Plankonvexlinse bezeichnet. Die eben angenommene Blendenstellung ist aber ausserordentlich ungünstig, und wir erhalten daher sehr viel bessere Ergebnisse, wenn wir die Blende vor die plane Fläche setzen, denn dann wird die vorher sehr starke Krümmung der Bildkurven flacher, und beide nähern sich einander mehr, als das vorher der Fall gewesen war. Um nun aber auch in etwas komplicirteren Fällen, d. h. in solchen, in denen die mathematische Durchrechnung eine zu unbequeme Arbeit ist, nicht völlig die Uebersicht über die Aenderung von Lage und Krümmung dieser Flächen zu verlieren, stellte R. H. Bow eine Reihe von fünf Principien für diese Aenderungen auf, die aber hier übergangen werden mögen.

Hatte er so, wie die angeführten Ueberlegungen beweisen, schon theoretisch den Vortheil erkannt, den man aus der Aenderung der Blendenstellung für die grössere Annäherung an anastigmatische Bildfeldebenung ziehen kann, so zeigte er ihn auch praktisch in dem zweiten Theil seines Vortrages, in dem er über die Ergebnisse seiner Versuche sprach. Einmal konnte er nachweisen, dass die Bildebenung und die Aufhebung der astigmatischen Differenzen sehr viel eher erreicht ist durch Stellung der Blende vor eine plane als vor eine konvexe Fläche, und ausserdem theilte er seine Erfahrungen über die astigmatische Korrektion mit, welche in einem Doublet aus zwei *französischen Landschaftslinsen* erzielt werden konnte, und die er durch Superposition der Wirkungen beider Einzellinsen zu erklären suchte. Von Interesse sind die systematischen Versuche der Auffindung der für die Blende am besten geeigneten Stelle im PETZVAL'schen Portraitobjektiv, soweit Astigmatismus und Bildfeldebenung in Betracht kommen. Dieses Ziel wird bei dem der Prüfung unterzogenen Exemplar des Portraitobjektives zugleich mit einer Verbesserung der Verzeichnung erreicht, wenn man die Blende etwa doppelt soweit von der Hinterlinse als von der Vorderlinse entfernt anbringt.

Auf die Bedeutung dieser Versuche, soweit die Darstellung des Astigmatismus in Frage kommt, ist schon (S. 45) hingewiesen worden.

Die Lochkamera.

Die letzte Arbeit unseres Autors (*6.*), welche wir auf diesem Gebiete noch zu erwähnen haben, beschäftigte sich mit der Lochkamera, deren Verwendbarkeit nach den verschiedensten Richtungen hin erörtert wird. Es kam da zunächst ihr Dienst als Aktinometer in Betracht, da man mit ihrer Hilfe die Einwirkungen der vereinigten Absorption und Reflexion studiren kann. Die aktinische sowohl als die optische Wirkung des durch das Loch durchgelassenen Lichts lässt sich leicht bestimmen und durch den bekannten Bruch $\frac{\textit{Oberfläche der Oeffnung}}{(\textit{Entfernung der Mattscheibe})^2}$ ausdrücken. Schaltet man nun hinter das Loch Glasplatten, so kann man die oben erwähnten Absorptions- und Reflexionswirkungen sehr gut studiren. Der Lichtabfall nach dem Rande zu ist bei einer solchen Kamera strenge proportional der vierten Potenz des Winkels zwischen der Axe und dem betreffenden schiefen Strahl, und die Frage nach dem Lichtabfall ist damit auf ihre einfachste Form zurückgebracht. Ferner lässt sich die Lochkamera zu der leichtestfasslichen Ableitung der

Aequivalentbrennweite aus der Grösse der dargestellten Objekte benutzen. Schliesslich kann sie auch noch als klarste Demonstration strenge richtiger Planperspektive dienen.

Kleinere Arbeiten von theoretischem Interesse.

Mit R. H. Bow ist die Reihe der hervorragenden Theoretiker zu einem Abschluss gebracht; was nun noch folgt, sind Männer geringerer Bedeutung.

J. ROTHWELL.

Der erste derselben ist J. ROTHWELL, welcher nach der von uns erwähnten zweiten Formulirung seines ungemein wichtigen Theorems nichts mehr von Bedeutung geliefert zu haben scheint. Wohl enthalten die Jahrgänge 1860, 61 und 62 von *The British Journal of Photography* einzelne Artikel oder sogar Folgen solcher aus seiner Feder, aber entweder sind die Themata, wie die auch von ihm wieder behandelte Frage nach dem Grunde des ungünstigen Eindrucks aus falschem Augenpunkte betrachteter photographischer Aufnahmen, nicht in unserem Gebiete einbegriffen, oder seine Behandlungsweise optischer Fragen erhebt sich nicht zu einem Niveau, das eine besondere Besprechung rechtfertigte. Trotzdem bekommen wir von dem regen Leben in englischen Amateurkreisen jener Jahre einen hohen Begriff, denn die Vorbildung des kleinen Kaufmanns in Manchester ist sicher keine bedeutende gewesen, und für ihn bedeutete also die Abfassung jener Artikel eine grosse, aus Interesse an der Sache übernommene Anstrengung, wie wir auch heute sie sachlich beurtheilen mögen.

J. E. HILGARD's Untersuchung eines symmetrischen Objektivs auf Verzeichnung.

Eine sehr wichtige und uns auf unserem heutigen Standpunkte geradezu beschämende Arbeit erschien 1863 von dem Deutsch-Amerikaner JULIUS ERASMUS HILGARD (P). Derselbe gehörte dem *Coast Survey Office* (also etwa der kartographischen Abtheilung der Admiralität) in Washington seit 1845 als Beamter an und war hauptsächlich mit der Kartirung der Küste des Stillen Oceans beschäftigt. Später, 1881, wurde er Vorsteher, *Superintendent*, dieses Amtes. Er berichtete über eine Prüfung von C. C. HARRISON's *globe lens*, welche dort angestellt wurde.

Als Objekt diente ein mit Mittellinien versehenes Quadrat von 81.4 cm (32 in.) Seitenlänge, welches zunächst eine lineare Reduktion von etwa $1^1/_2$ erfuhr. Die in metrischem Maasse mitgetheilte Ausmessung der Kopie ergiebt für die

Senkrechten		Horizontalen	
rechts	55.24 cm	oben	55.20 cm
mitten	55.17 „	mitten	55.15 „
links	55.22 „	unten	55.20 „

Aus den Resultaten geht einmal wohl hervor, dass das Objekt nicht ganz genau gegen die Objektivaxe ausgerichtet war, andererseits aber wird durch sie das Vorhandensein von *pincushion distortion* unwidersprechlich belegt.

Auch bei der Reduktion auf gleiche Grösse wird eine solche genaue Ausmessung wiederholt, und obwohl auch dort die aus ungenügender Ausrichtung der Objektebene sich ergebenden Abweichungen bemerkt werden, so hebt der Verfasser doch den bedeutend geringeren Betrag des Durchbiegungsfehlers hervor. Thatsächlich muss hier völlige Distortionsfreiheit herrschen, und jene Fehler werden, wenn sie kleiner als die oben angegebenen 0.7 mm betragenden Abweichungen waren, wohl innerhalb der Grenzen der Beobachtungsgenauigkeit gelegen haben.

Diese interessante Publikation scheint nun ganz unbeachtet geblieben zu sein, und im Laufe der Zeit entwickelte sich die Annahme von der auf Grund der Symmetrie bestehenden Verzeichnungsfreiheit symmetrischer Objektive direkt zu einem Glaubenssatz.

Anonymus T. H. über Perspektive und Tiefe.

Die letzte erwähnenswerthe Arbeit dieser Periode ist die des Anonymus T. H., welcher sich mit der ganz bestimmt formulirten Frage nach den Eigenschaften der Linsen beschäftigt, welche gleichen wirksamen Durchmesser *(effective aperture)*, aber verschiedene Brennweite haben.

Von solchen lässt sich zeigen, dass für paralleles Licht die Lichtstärke umgekehrt proportional ist, zwar nicht wie dort angegeben, den Brennweiten selbst, sondern den Quadraten derselben.

Hinsichtlich der perspektivischen Wirkung verzeichnungsfreier Aufnahmen hält er sehr lebhaft die Ansicht aufrecht — und seine Bemerkungen sind geradezu bewunderungswürdig knapp und klar — dass die Perspektive einzig und allein abhängig sei von dem Standpunkte und bei Festhaltung desselben von jedem, ob lang- oder kurzbrennweitigen Objektive gleich geliefert werde. Unter Umständen müsse man allerdings kleine Aufnahmen vergrössern, um weitsichtige Augen in den Stand zu setzen, sie aus der richtigen Entfernung zu betrachten. Den Schluss der frisch geschriebenen Arbeit macht ein bemerkenswerther Exkurs über die Tiefe, der in dieser Klarheit erst weit später wieder erscheint.

Betrachtet wird die Ausdehnung der erträglichen Undeutlichkeit nach vorn bei einem auf unendlich eingestellten Objektiv bestimmter Oeffnung d = GH, dessen Brennweite nachher andere und andere Werthe erhält. Es lässt sich dann der Durchmesser mn des einen endlich weit entfernten Axenpunkt P darstellenden Zerstreuungskreises ableiten

$$mn = \frac{FL \,.\, GH}{LP} = \frac{fd}{a}$$

eine Formel, die übrigens strenge und nicht bloss angenähert gilt, wie T. H. annimmt.

Mithin ist bei gleicher wirksamer Oeffnung d und gleicher Unschärfe mn die Entfernung a des nächsten Punktes erträglicher Unschärfe mn — die Erstreckung der Vordertiefe — proportional der Brennweite, d. h. bringt man

durch nachträgliche Vergrösserung Aufnahmen mit kurzbrennweitigen Objektiven, die also viel lichtstärker sind, auf gleiche Grösse mit den durch langbrennweitige direkt erhaltenen, so sind die Durchmesser der Zerstreuungskreise gleich, bei beiden reicht also die Tiefe genau gleich weit nach vorn. Leider bekümmerte er sich nur um diesen Specialfall, ohne darauf hinzuweisen, dass auch im allgemeinen Standort und Eintrittspupille massgebend für

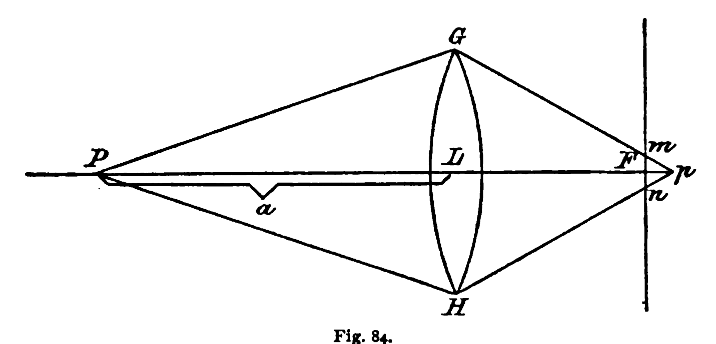


Fig. 84.
Zu T. H.'s Ueberlegungen, die Tiefenschärfe betreffend.
Der Strahlengang ist hier wie stets von links nach rechts gehend dargestellt.

die Tiefe sind, während die Grösse der Brennweite dabei absolut keine Rolle spielt.

Die Andeutungen, die T. H. auf Grund der von ihm angestellten Ueberlegungen über Perspektive und Tiefe giebt, kleine Aufnahmen vom richtigen Standpunkt aus zu machen und sie nachher zu vergrössern, sind selbst jener Zeit weit voraus. Auch heute können wir ihm noch beistimmen, wenn er sagt: *„On the whole, I think there is a good deal to be said for short focus „lenses, and that they have been unfairly charged with faults which do not really „belong to them."*

Wir können diesen Abschnitt nicht abschliessen, ohne einen Blick zurückzuwerfen auf die glänzende Entwickelung, die während des besprochenen Zeitraumes der englischen Photo-Optik nach der praktischen wie theoretischen Seite hin beschieden war. Rückblick.

Wir sehen eine ganze Reihe tüchtiger Vertreter der tatonnirenden Optik mit den verschiedenen Typen des photographischen Objektivs beschäftigt. Wenngleich die Konstruktionen für Weitwinkelaufnahmen und Reproduktionen die lebhafteste Förderung erfahren, so übt doch auch die Landschaftslinse mit Vorderblende eine grosse Anziehungskraft auf die Konstrukteure aus; ein starkes Streben nach Verbesserungen geht durch die Zeit, das die Optiker mannigfach zu Abweichungen vom Altherkömmlichen zwingt und unter anderem die wichtige Neuerung der Schieberblenden zeitigt.

Die ausübenden Optiker betheiligen sich in einer sehr lebhaften Weise an der Lösung theoretischer Probleme, ja einzelne

Praktiker wie TH. GRUBB stehen hier geradezu in den vordersten Reihen; besonders intensiv wirken mathematisch geschulte Amateure mit, die eine Reihe wichtiger Fragen, so die der Verzeichnung der Einzellinse und des Doppelobjektivs, die der Ausgleichung der Lichtvertheilung nach dem Plattenrande endgültig erledigen und andere Themen, wie den Astigmatismus und die Bildfeldkrümmung, wenigstens experimentell zu behandeln anfangen. Dieser rege geistige Austausch wird aber erst ermöglicht durch eine gut geleitete Fachpresse, deren wichtigste Organe sich einer anerkennenswerthen Unparteilichkeit befleissigen.

Eine ähnliche allgemeine Bethätigung des Interesses an der photographischen Optik finden wir zu keiner andern Zeit und bei keinem andern Volke wieder, und es ist kein Wunder, dass in dem betrachteten Zeitraum England auf dem Gebiete der Photo-Optik unbestritten die Führung hat.

3. Die Zeit bis zum Erscheinen des neuen Glases.

Der STEINHEIL'sche Aplanat.

Die mannigfachen Besprechungen des Periskops und seiner amerikanischen Modifikation zeigen am besten den Grad des Interesses, welcher in jener Zeit in England für photographische Objektive und ihre Theorie bestand. Der Boden war daher gut vorbereitet für das neue Erzeugniss der Münchener Werkstätte, welche den von uns geschilderten „Wettlauf um das verzeichnungsfreie Objektiv“ zum Abschluss bringen sollte.

Leider besitzen wir gleichzeitige Publikationen gar nicht, sondern sind nur durch verhältnissmässig spät nachher geführte Zeitungsfehden englischer Parteien über die Einführungszeit des Aplanaten unterrichtet. Es war nämlich A. STEINHEIL öffentlichem Streit durchaus abhold, und in der ersten Zeit seiner Erfindung brachte er überhaupt keine Daten über dieselbe — möglicher Weise aus Rücksicht auf sein Patent — an die Oeffentlichkeit.

Es lässt sich nun, wie an anderer Stelle gezeigt wird, ganz einwandsfrei darthun, dass A. STEINHEIL seine ersten Aplanate im Sommer des Jahres 1866 fertig stellte und an D. VAN MONCKHOVEN zur Versendung brachte, der ein sehr günstiges Urtheil über diese Konstruktion in der Vorrede seines Werkes über photographische Optik veröffentlichte.

J. H. DALLMEYER's Patent.

Es fällt daher die Fertigstellung des STEINHEIL'schen Aplanaten ganz sicher vor die des ähnlich konstruirten DALLMEYER'schen Weitwinkelobjektivs, worauf dieser (*6.*) ein Patent am 27. Sept. 1866

anmeldete. Dasselbe ist am 24. Mai 1867 im *The British Journal of Photography* veröffentlicht und enthält als Anspruch: „*the construc-„ting of lenses of two positive achromatic or actinic combinations, of „which the higher refracting denser material or flint glass occupies the „external or exterior position in each combination also the constructing „of lenses composed of two positive achromatic or actinic combinations „with the posterior combination of smaller diameter than the anterior „combination.*"

Dabei war ausdrücklich vorher betont, dass die Anwendung von zwei Flintglaslinsen, bei denen das optisch dichtere Medium am Doppelobjektiv nach aussen käme, mit unter dieses Patent fiele.

Einen thatsächlichen Schutz wird dieses aber nicht gewährt haben, denn der erste Theil fiel ganz klar unter das GRUBB'sche Patent vom 8. Okt. 1857, während der zweite Theil nur scheinbar sicherer stand, indem die Hinterlinse des PETZVAL'schen Landschaftsobjektivs als negative Kombination und die des ZENTMAYERschen Satzes als chromatische ausgeschlossen war. In diesem zweiten Theil enthielt indessen der Anspruch die von J. ROTHWELL 1858 ausgesprochene und 1860 veröffentlichte Regel und wurde dadurch praktisch werthlos. Es heisst daher den Verdiensten TH. GRUBB's, J. ROTHWELL's und A. STEINHEIL's zu nahe treten, wenn man das DALLMEYER'sche Patent ganz kritiklos hinnimmt; man muss sich immer gegenwärtig halten, dass das englische Patentrecht kein Prüfungsverfahren kennt, und dass dort kein Patent deswegen verweigert wird, weil der Gedanke schon einmal ausgesprochen war.*)

Bei der Herstellung des ihm patentirten Typus muss J. H. DALLMEYER nun wohl Schwierigkeiten gefunden haben, denn er hat, wie J. TRAILL TAYLOR ohne Widerspruch zu finden ausführt (***9.*** *540.*), die Rektilinear-Objektive vor 1868 nicht herausgebracht.

Die Einführung des Aplanaten nach England.

In England fand er zunächst keinen Widerspruch, im Gegentheil folgte TH. ROSS (***6.***) ihm sogar nach, indem er Anfang 1867 ein Patent nahm, um sich die Fabrikation ganz aus Crown- oder ganz aus Flintglas hergestellter Objektive zu sichern. Ueber die Bedeutung eines solchen Patentes brauchen wir glücklicher Weise kein Wort weiter zu verlieren; dasselbe scheint weder von J. H. DALLMEYER angegriffen, noch von TH. ROSS als Kampfmittel ver-

*) Für englische Leser, die möglicherweise diese Aussage als die eines Ausländers beanstanden wollen, weise ich auf den Artikel „*English Patents*" hin. B. J. 1896. **43.** No. 1893. 514.

wendet worden zu sein. Auch dem ungehindert währenden Import A. Steinheil's gegenüber erhob J. H. Dallmeyer, soviel mir wenigstens bekannt ist, zu jener Zeit keinen Einspruch, und zwar erklärte er späterhin dieses Verhalten durch einen Vermittelungsversuch Désiré van Monckhoven's, durch den er sich von der Verfolgung seines Rechts habe abhalten lassen.

D. van Monckhoven's Stellungnahme.

Von Bedeutung ist daher dessen Darstellung (**2.**) in der Photographischen Korrespondenz, welche denn auch gleich Aufnahme in englischen Zeitschriften fand, ohne dort irgendwelchen Widerspruch zu erregen.*) Denselben hätte man wohl erwarten können, denn trotz mehrmaliger Nennung von J. H. Dallmeyer's Namen findet sich auch nicht die geringste Andeutung von einer zweiten, späteren Erfindung des Aplanat-(*rectilinear*-)Typus durch denselben. Es wird vielmehr der ganze grosse Fortschritt A. Steinheil zuerkannt, wobei bemerkenswerth ist, dass dieser Artikel Ende 1867 erscheint, wo beide Patente ertheilt waren, und was noch mehr sagen will, aus der Feder eines Mannes stammte, welcher mit J. H. Dallmeyer in einem engen freundschaftlichen Zusammenhange stand. Allerdings erschien bald darauf im April 1869 ein von D. van Monckhoven verfasster Aufsatz (**3.**), der diesen Autor in sehr ungünstigem Lichte zeigt. Es ist dieser Artikel eine in der Einleitung mit den Worten: kurze „*Geschichte der vorzüglichsten Objektive*“ eingeführte Reklame für J. H. Dallmeyer, die ungeheuerlicher Weise den Namen A. Steinheil's bei Vorführung des „*aplanatisch-symmetrischen*“ Objektivs ohne Zeitangabe als einen, der so ziemlich das Gleiche geleistet habe, erwähnt, obwohl sie von eben dem Manne herrührt, der 18 Monate vorher sich in gleicher Weise für den von A. Steinheil in dem Aplanaten erreichten Fortschritt ausgesprochen hatte. D. van Monckhoven liefert somit das Prototyp jener sich als wissenschaftlich ausgebenden Vielschreiber, die den zu prüfenden Typen mit vollkommen gleichem Mangel an Verständniss gegenübertreten und diese eigenartige Unparteilichkeit in jedem gegebenen Falle durch ein ganzes Füllhorn schmückender Beiwörter bezeigen, das sie, den fehlenden Werth des Inhalts durch die Menge desselben ersetzend, über jedes, aber auch über jedes Erzeugniss eines Optikers von Ruf willig ausleeren. Die ruhig-sachliche Erwiderung und Prioritätsreklamation,

*) Die einzige Aeusserung J. H. Dallmeyer's, die ich aus dieser Zeit gefunden habe, bezieht sich auf die Uebersetzung eines Artikels aus dem Ph. A. und bezeichnet den Aplanaten als unter sein Patent fallend. B. J. 1867. **14.** No. 394. 562.

welche A. STEINHEIL (*10.*) unter Hinweis auf die frühere Publikation D. VAN MONCKHOVEN's sofort erscheinen liess, veranlasste diesen (*4.*), auf seine verschiedenartige Stellungnahme in derselben Sache einzugehen, die er als nur scheinbar bestehend hinstellte. Für uns hat dieser Brief das Gute, dass ausdrücklich konstatirt wird, dass selbst D. VAN MONCKHOVEN auch nicht den Schimmer eines Beweises für die Priorität J. H. DALLMEYER's erbringen kann. Der Schluss des Briefes ist für die Schriftsteller- und Historikermoral des Schreibers so bezeichnend, dass er hier folgen mag: „und so erkläre ich „denn, dass ich zuviel Achtung vor seinen (STEINHEIL's) Leistungen „und zu viel Sympathien für ihn selbst habe, um ihm je wissentlich „Unrecht thun zu können. Alle Fragen aber über Priorität von „Erfindungen sind immer so delicater Natur, dass deren bester „Richter — weil ein Richter ohne Appellation — stets das Publi- „cum bleiben wird."

Später, ich citire hier nach der 6. Ausgabe seines *Traité général* (*15*, *139.*), hat er A. STEINHEIL als Erfinder des Aplanaten angegeben, was wohl um so schwerwiegender ist, als das Buch J. H. DALLMEYER gewidmet ist.

Die späteren Prioritätsstreitigkeiten von 1874 und 1890.

Aufnahme in englischen Zeitschriften scheint der erwähnte Brief nicht gefunden zu haben, so dass es damit vielleicht zu erklären ist, dass J. H. DALLMEYER zu ihm auch keine Stellung nahm. Die erste Gelegenheit, um die in der ganzen Sache liegenden Anlässe zu Prioritätsreklamationen auszulösen, ergab sich bei der Einführung der STEINHEIL'schen Portraitaplanate nach England gegen Ende des Jahres 1874. Sei es nun, dass J. H. DALLMEYER die Konkurrenz dieses, später übrigens aufgegebenen, Objektives fürchtete, oder dass der besänftigende Einfluss D. VAN MONCKHOVEN's von seiner früheren Wirksamkeit eingebüsst hatte, jedenfalls benutzte J. H. DALLMEYER (*10.*) diesen Anlass zu einer Prioritätsreklamation A. STEINHEIL gegenüber und zu einer Drohung, den Import dieser Systeme auf Grund seines Patentes zu verhindern. Der so hingeworfene Fehdehandschuh wurde nicht nur von A. STEINHEIL's englischen Vertretern MURRAY & HEATH, sondern auch von F. H. WENHAM (*2.*), dem damaligen Ingenieur von ROSS & Co., aufgenommen, wobei letzterer in erster Linie die Interessen von TH. GRUBB vertrat. Der Streit wurde recht heftig, aber trotz der starken Worte kam es doch nicht zu der Patentverletzungsklage, welche J. H. DALLMEYER gegen seine beiden Gegnerfirmen, C. A. STEINHEIL SÖHNE und ROSS & Co., einzuleiten gedroht hatte.

Ist hier nicht in erster Linie von einer Vertheidigung des Prioritätsrechts von A. STEINHEIL allein die Rede, sondern mehr von einer Bestreitung der Ansprüche J. H. DALLMEYER's den GRUBB-schen und STEINHEIL'schen Verdiensten gegenüber, so ändert sich das Bild bei dem zweiten Meinungsaustausch, der sich im Jahre 1890 zwischen J. TRAILL TAYLOR und TH. R. DALLMEYER, dem Sohn, abspielte. Im Verlaufe desselben gab J. TRAILL TAYLOR (*9.*) ziemlich genau die gleiche Darstellung, wie sie im vorhergehenden mitgetheilt ist, mit Ausnahme der Anführung des J. H. DALLMEYER günstigen MONCKHOVEN'schen Berichtes, den er dem Anschein nach nicht kannte; er vertrat entschieden die Ansicht der STEINHEIL'-schen Priorität, wobei ihn W. E. DEBENHAM (*2.*) unterstützte.

Alles zusammenfassend können wir unser Urtheil dahin abgeben, dass auch nicht der Schatten eines Beweises für die Priorität J. H. DALLMEYER's vor A. STEINHEIL in der Konstruktion eines Aplanatsystems erbracht werden kann.

Gehen wir nach der eben durchgeführten eingehenden Diskussion des ganzen hinsichtlich der Prioritätsansprüche vorliegenden Materials zu der Beschreibung der photographischen Neuerungen jener Zeit zurück, so reichte am 27. Sept. 1866 J. H. DALLMEYER ein Patent ein, welches zwei für die Folgezeit wichtige Linsenkonstruktionen enthält.

Das *wide angle rectilinear.*

Die erste derselben ist das oben besprochene *wide angle rectilinear*, dem wir auch hier einige Worte widmen müssen. Die grösste Oeffnung des specifischen Weitwinkelobjektivs — es werden etwa 100° beansprucht — ist f/15, die sphärische Korrektion ist aber für diese Oeffnung nicht erreicht, wie D. VAN MONCKHOVEN (1869) angab. Eigenartig ist auch die Blendenstellung, welche den Zwischenraum zwischen den beiden Linsen im Verhältniss ihrer Durchmesser aber nicht dem ihrer Brennweiten theilt, denn obwohl die hintere Linse eine längere Brennweite hat, wird ihr doch ein kleinerer Durchmesser gegeben als der Frontlinse, und wir bemerken hier eine Abweichung von dem Wesen des ROTHWELL'schen Princips, die das Vorhandensein eines gewissen Betrages von Verzeichnung nach sich gezogen haben wird.

Fig. 85.
J. H. DALLMEYER: *wide angle rectilinear.*
Quelle: J. H. DALLMEYER *6.*
Approximativ reducirt auf f = 100 mm.
Relative Oeffnung 1 : 15; ω = 50° etwa.
Aussenradien nach Angabe.
Nicht durchgerechnet, da die Angabe der Brechungsexponenten fehlt.

So sehen wir also, dass diese Konstruktion theoretisch weit hinter der ihr zeitlich vorangehenden Steinheil'schen zurückbleibt, die streng holosymmetrisch und — mindestens unter Annahme violetten Lichts — für die ganze Oeffnung von 1 : 8 sphärisch korrigirt, auch auf möglichste Planheit des Bildes Rücksicht nimmt, ohne dabei die Forderung gleicher Grösse und Lage der farbigen Bilder ausser Acht zu lassen. Die beiden Typen repräsentiren somit recht gut die Erzeugnisse der tatonnirenden und der rechnenden Optik, wobei allerdings bemerkt zu werden verdient, dass der fähigste Vertreter der ersteren, Th. Grubb, wie wir sahen, in seinem symmetrischen Objektive sphärische Korrektion erzielt hatte.

Im Laufe der Zeit gelang es auch J. H. Dallmeyer, die sphärische Korrektion herbeizuführen und infolge davon die relative Oeffnung bis auf 1 : 6 zu steigern; das resultirende *rapid rectilinear* war natürlich nicht mehr für Weitwinkelaufnahmen bestimmt. Nach J. Traill Taylor (*9.*) wird man die Einführung dieses Typus etwa gegen Ende 1868 anzusetzen haben, was mit dem Datum des Monckhoven'schen Reklamevortrages gut übereinstimmt.

Die Modifikation des Petzval'schen Portraitobjektivs.

Die andere der beiden Konstruktionen ist eine Abänderung des Petzval'schen Portraitobjektivs, welche seit jener Zeit von

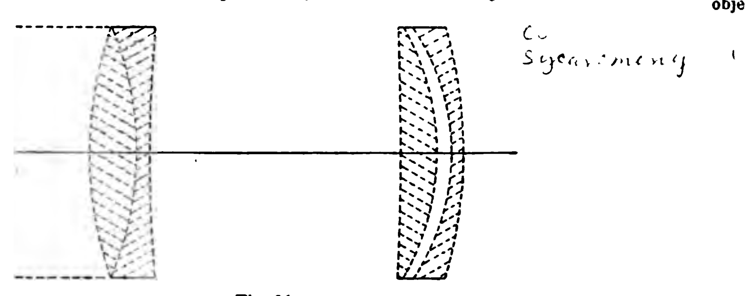


Fig. 86.

J. H. Dallmeyer's *Modifikation des Petzval'schen Portraitobjektivs.*
Quelle: J. H. Dallmeyer *6.*

Approximativ reducirt auf f = 100 mm.
Relative Oeffnung (Maximum) 1 : 3.0.
Nicht durchgerechnet, da die Angabe der Brechungsexponenten fehlt.
Radien r_ν, Dicken d_ν und Entfernungen b_ν in Millimetern auf der Axe gemessen.

$r_1 = 50.0$		$r_4 = 533.3$ konkav	
	$d_1 = 6.2$		$d_3 = 5.0$
$r_2 = 43.5$		$r_5 = 33.3$	
	$d_2 = 1.6$		$b_2 = 1.7$
$r_3 = 250.0$ konkav		$r_6 = 29.8$	
	$b_1 = 33.3$		$d_4 = 1.5$
		$r_7 = 59.7$	

Die in dem E. P. nicht angegebenen Dicken sind geschätzt.

J. H. Dallmeyer und anderen Firmen ausgeführt worden ist. Bei derselben wurde die Reihenfolge der beiden, die unverkittete Hinter-

kombination bildenden Bestandtheile vertauscht, so dass — in der Richtung des das Objektiv durchsetzenden Lichts — nicht wie bei J. PETZVAL auf einen zerstreuenden Flintmeniskus eine bikonvexe Crownglaslinse folgte, sondern von einem sammelnden Meniskus aus Crown kam man zu einem zerstreuenden aus Flint. Einer der Vortheile, der durch diese Anordnung erreicht werden sollte, bestand in einer besseren Korrektion schiefer Büschel; derselbe kann leider der rechnerischen Prüfung nicht unterzogen werden, da uns keine Angaben über die angewandten Glasarten zur Verfügung stehen. Ferner gestattete diese Konstruktion noch — und das hat wohl ihre Popularität hervorgebracht — eine nach Belieben vorzunehmende Einführung sphärischer Aberration bei der Aufnahme von Portraits.

Sphärische Aberration und Tiefenschärfe.

Schon in sehr früher Zeit, etwa dem Beginne der 50er Jahre, war in den Kreisen praktischer Photographen die Ansicht aufgetaucht, man gewinne an Tiefe, wenn man ein sphärisch nicht korrigirtes Objektiv anwende und so auf die schöne Schärfe der Einstellungsebene verzichte, wie sie bei sphärisch korrigirten Objektiven herrscht. Diese Meinung ist wohl auf den geringeren Unterschied zurückzuführen, der in der überall mangelhaften Schärfenzeichnung eines sphärisch unkorrigirten Objektivs besteht gegenüber dem sehr merkbaren Uebergange von gänzlicher Unschärfe des Vordergrundes zu präciser Zeichnung der Einstellungsebene und dann wieder völliger Verschwommenheit des Hintergrundes, wie er mit der Verwendung eines sphärisch korrigirten Objektives grosser Oeffnung für Portraitaufnahmen aus verhältnissmässig naher Entfernung unweigerlich verbunden ist. Den Vertretern dieser „unscharfen Richtung“ in der Portraitphotographie fiel eben nicht die Unschärfe an sich, sondern mehr der deutliche Uebergang aus völliger Verschwommenheit zu völliger Schärfe unangenehm auf, und der Wunsch, einen harmonischeren Eindruck hervorzurufen, wie er ihnen von einem sphärisch mangelhaften Objektiv erfüllt wurde, veranlasste sie, zur Erklärung die grössere Tiefe solcher Objektive heranzuziehen, eine Erklärung, die von TH. GRUBB (*18.*) als irrig nachgewiesen wurde, wie wir (S. 185) sahen.

Dem Verlangen an sich, dessen Berechtigung durch die falsche Begründung nicht berührt wurde, war man von Seiten der Optiker schon frühe entgegengekommen, und zwar, wie es scheint, von J. PETZVAL (*7.*) als erstem,*) welcher zu diesem Zwecke 1858 vor-

*) Es darf indessen nicht vergessen werden, dass schon das Spiegelobjektiv R. HODGSON's (s. S. 146) eine solche Abstandsänderung erlaubte.

schlug, die hintere Kombination seines Landschaftsobjektivs gegen die vordere, behufs Einführung sphärischer Aberrationen nach Belieben verschiebbar zu machen, und diese Einrichtung an einigen Exemplaren auch wirklich anbrachte. Zu jener Zeit scheint sein Vorschlag unbeachtet geblieben zu sein, und erst 1864 wird er allerdings ohne Namensnennung J. PETZVAL's von J. TRAILL TAYLOR (*1.*) wiederholt. Auch auf S. 181 sahen wir, dass die Einführung sphärischer Aberration auf diese Weise J. H DALLMEYER (*5.*) schon in der Mitte des Jahres 1866 beschäftigt hatte.

Der uns hier vorliegende DALLMEYER'sche Vorschlag weicht nun insofern ab, als nicht die ganze Hinterkombination, sondern die beiden Einzelbestandtheile derselben beweglich sind und einander näher oder ferner gebracht werden konnten. Eine kleine Modifikation des Abstandes bringt nun, wie J. H. DALLMEYER (*7.*) bemerkt, eine sehr starke Aenderung der sphärischen Korrektion hervor, ohne den Zustand der schiefen Büschel sehr wesentlich zu beeinträchtigen. Ein ähnliches Verfahren kann man bei der alten PETZVAL-Form des Portraitobjektivs nicht anwenden, weil bei dieser die aus der negativen Linse austretenden Strahlen wieder nahezu parallel verlaufen, so dass man hier zur Herbeiführung genügender Aenderung in der sphärischen Korrektion eine ungewöhnlich weite Trennung der beiden Bestandtheile anwenden müsste, welche dann natürlich für die Korrektion der schiefen Büschel verhängnissvoll werden würde.

Der Blendenfleck.

Bald darauf — am 11. Juni 1867 — führte J. H. DALLMEYER (*8.*) auch das andere ihm im Vorjahre geschützte Objektiv der grossen Londoner Gesellschaft vor und leitete seinen Vortrag mit einer gemeinverständlich gehaltenen Abhandlung über den Blendenfleck ein, welche auch die historische Entwicklung der Ansichten über denselben uns vor Augen führt. Er kam in Anlehnung an Sir JOHN F. W. HERSCHEL zu der Erklärnng des Blendenflecks, die uns schon 8 Jahre früher als von C. SPRINGHAM aufgestellt begegnet ist, wonach der Blendenfleck das durch zweimalige Reflexion an den Aussenflächen der Hinterlinse entworfene Bild der Blendenöffnung sei.

Als Mittel gegen das Auftreten dieses Fehlers scheint sich ihm nur die Variirung des Abstandes der Blende von der Hinterlinse zu bieten, und vielleicht ist die eigenthümliche Blendenstellung im *wide-angle rectilinear*, von der wir oben sprachen, auf solche Versuche zurückzuführen.

Weitere Publikationen J. H. DALLMEYER's aus der Theorie der

photographischen Objektive sind mir nicht bekannt geworden; man könnte aber wohl seine (**9.**) Anleitung zum Gebrauch und zur Auswahl photographischer Objektive anführen, die ich nur aus dem sehr eingehenden Referate in *The British Journal of Photography* kenne. Das Schriftchen ist, wie die entsprechende, drei Jahre vorher von A. Steinheil verfasste Publikation für einen grossen Leserkreis bestimmt zur allgemeinverständlichen Orientirung über Bildfeldausdehnung, Tiefe, Lichtstärke, Aequivalentbrennweite und Stellung des Objekts und Bildes bei Vergrösserungen. Die in der Schrift vertretenen Ansichten sind durchaus richtig, natürlich kann man nicht verlangen, dass sie neu sind.

Rückblick auf J. H. Dallmeyer.

Versuchen wir zu einem Endurtheil über J. H. Dallmeyer zu kommen, so können wir in den Jahren seiner publicistischen Thätigkeit entschieden seine Fortschritte in der Theorie der Optik erkennen; er war eben im Stande, aus Diskussionen mit seinen Gegnern zu lernen. Eine besonders grosse Originalität der Erfindungsgabe ist ihm wohl kaum eigen gewesen; hierin, wie besonders in der Anstellung von Experimenten, steht er hinter Th. Grubb zurück, dagegen zeichnet ihn vor den Optikern seiner Adoptivheimat ein unverkennbares Bestreben aus, die historische Entwicklung eines Typus oder einer Theorie zurückzuverfolgen. Freilich war er dazu infolge seiner Kenntniss des Deutschen auch besser im Stande, und es scheint, als ob er dieselbe zum Studium der Petzval'schen, als direkt in sein Fach schlagenden Abhandlungen benutzt habe. In seinen optisch-theoretischen Anschauungen hat er wohl ganz auf dem Standpunkte der englischen tatonnirenden Optik gestanden.

Seine geschäftliche Rührigkeit verdient unsere uneingeschränkte Anerkennung: Man bedenke nur, dass er sich als recht junger Mensch in das Gebiet der Photo-Optik hauptsächlich in den letzten Lebensjahren seines Schwiegervaters A. Ross hineinarbeitete, und dass er in der ersten Zeit seiner Selbständigkeit in schneller Aufeinanderfolge ausser den alten Typen noch an lebensfähigen Objektiven die verschiedenen Formen der *triplets*, die *wide-angle landscape lens*, die verschiedenen Serien der *Rectilineare* und seine *Modifikation des Petzval'schen Portraitobjektivs* herausbringt.

In dem Rest seiner Schaffenszeit, der in photographisch-geschäftlicher Hinsicht für ihn unter dem Zeichen der letzterwähnten beiden Typen steht, hat er den guten Ruf seiner aus A. Ross' Geschäft hervorgegangenen Werkstätte rein erhalten und in hohem Maasse dazu beigetragen, das Ansehen der englischen Optik im

Auslande zu verbreiten. Der auf einer zur Erholung unternommenen Weltreise am 30. Dec. 1883 eingetretene Tod des 53jährigen Mannes war ein schwerer Schlag für die engliche Optik.

Wie schon angedeutet, lässt nun, sobald die symmetrischen und sphärisch korrigirten Systeme in Aufnahme kommen, das Interesse an den Fragen der photographischen Optik auffallend nach, so dass uns eine Arbeit von Bedeutung eigentlich erst in dem Blendenvorschlage G. WATMOUGH WEBSTER's 1872 entgegentritt.

G. W. WEBSTER's Vorschlag einer einheitlichen Blendenbezeichnung.

Es wird schon aus dem Beginne der 60er Jahre berichtet, dass J. H. DALLMEYER seine Blenden so einrichtete, dass die kleinere immer die doppelte Expositionszeit der grösseren erforderte, und dieses praktische Abstufungssystem wird gewiss auch von anderen Optikern befolgt worden sein. Für die Vergleichung zweier verschiedener Objektive war aber immer noch keine Möglichkeit vorhanden, wenn nicht in jedem einzelnen Falle ganz genau die bei der Aufnahme benutzte relative Oeffnung angegeben war, was natürlich nur in den seltensten Fällen zutraf. Es fehlte eben an einer allgemein gültigen Blendeneinheit, und eine solche vorzuschlagen ist der Zweck des WEBSTER'schen Artikels. Als Blendeneinheit solle f/2 gelten, also eine relative Oeffnung von 1 : 2, diese sei mit der Blendennummer 1 zu bezeichnen. Alle folgenden Blendernummern N, welche dann genau dasjenige Vielfache der Expositionszeit angeben würden, welches die jeweils angewandte Blende gegenüber Blende 1 erfordere, erhält man aus der Formel $N = \frac{1}{4}\left(\frac{f}{d}\right)^2$. Hier handelt es sich stets um die Oeffnung in dem eingeschobenen Blendenblech. Wahrscheinlich zu dem Zwecke, verschiedene Typen von Doppelobjektiven in aller Strenge mit einander vergleichbar zu machen, stellt G. W. WEBSTER die Forderung eines bestimmten, auf f/10 fixirten Abstandes der Blende vom optischen Centrum des Doppelobjektives auf: bei photographischen Objektiven anderer Blendenstellung müsse man zu richtiger Angabe der relativen Oeffnung eine nachträgliche Korrektion anbringen. Dieser Vorschlag, der übrigens später gar nicht beachtet zu sein scheint, kennzeichnet den Zustand der Theorie selbst in so klaren Köpfen sehr deutlich. Thatsächlich ist der Blendenort nicht mehr verfügbar, er ist durch die Rücksicht auf die astigmatische Korrektion und die Aufhebung der Verzeichnung schon bestimmt, und jene vage Idee von dem optischen Centrum in Doppelobjektiven, gegen die schon TH. GRUBB (*11.*) Front gemacht hatte, war auf dem Boden ihrer Heimat noch lange nicht verdrängt; denn die GAUSS'sche Lehre von den Hauptpunkten hatte immer noch nicht ihren Einzug in England gehalten.

Der Fehler der Arbeit G. W. WEBSTER's war der, nicht direkt, was vor ihm TH. GRUBB (*13.*) schon gethan hatte, an Stelle der Aperturblende selbst die Eintrittspupille des Systems einzuführen, den *scheinbaren Blendendurchmesser*, wie man dieselbe in populärer Verflachung auch genannt hat. Darauf ist es zurückzuführen, dass bis in ganz späte Zeit hinein englische Optiker von einer Blendenbezeichnung englischer Art sprechen gegenüber der auf dem Konti-

nent gebräuchlichen, und dabei einen gewissen Stolz darein setzen, dass sie sich mit den dann natürlich kleineren Zahlen des Oeffnungsverhältnisses begnügen: diese Art der Beurtheilung ist eine flache und den Kern der Sache auch nicht einmal streifende; will man im Stande sein, Objektive mit Vorderblende zu solchen mit Mittelblende hinsichtlich der Lichtstärke in Beziehungen zu setzen, so sind es die Eintrittspupillen und nicht die Aperturblenden, welche bei der Blendennummerirung berücksichtigt werden müssen.

Modifikationen von W. E. DEBENHAM und J. H. DALLMEYER.

Die so von G. WATMOUGH WEBSTER ausgesprochene Idee sollte nicht ganz verschwinden; besonders W. E. DEBENHAM (*1.*) scheint sich derselben angenommen zu haben. Seine wesentliche Modifikation bestand im Vorschlage einer anderen Blende als Einheit, $\frac{f}{4}$ nämlich, die so gewählt war, dass die Belichtungszahlen der kleineren Blenden, welche ganzzahlige Multipla der bei der Einheitsblende nöthigen Belichtungsdauer waren, nicht zu grosse Werthe erhielten. Er erreichte es auch, dass der Ausschuss der *Photographic Society of Great Britain* im Jahre 1882 diese Blende $\frac{f}{4}$ als Einheit vorschlug, wie das in dem Berichte des Schriftführers T. S. DAVIS angegeben ist. Man kann nicht wohl sagen, dass diese Wahl theoretisch eine sehr glückliche gewesen sei; viel mehr spricht hinsichtlich der Bequemlichkeit der Rechnung für TH. R. DALLMEYER's (*1.*) Vorschlag vom Jahre 1886, welcher von $\frac{f}{\sqrt{10}} = \frac{f}{3.16}$ als Einheitsblende ausging. Trotz aller ihm innewohnenden, grossen Vorzüge scheint sich aber dieses System in England nicht eingebürgert zu haben.

Der Widerspruch gegen den wahren Blendendurchmesser.

Bei beiden Systemen war in der oben beanstandeten Weise stets auf das Verhältniss zwischen Blendendurchmesser und Brennweite Bezug genommen worden. Der erste, der sich, soweit Quellen mir zu Gebote standen, dagegen erklärte, war C. FERRIS 1885, der die wirksamen Oeffnungen statt der Blendendurchmesser eingeführt sehen wollte. Später, 1893, wurde der gleiche Gegenstand für England noch einmal ausführlicher von P. RUDOLPH (*8.*), doch gleichfalls ohne Erfolg aufgenommen. Vor der Hand besteht in England, soweit mir die allgemein gültigen Bestimmungen bekannt sind, die nicht einheitliche Bewerthung der relativen Oeffnung nach dem wahren Blendendurchmesser noch immer fort.

Rückgang des photographischen Interesses.

Woran es liegt, dass sobald nach der Mitte der 60er Jahre ein Rückstau in dem bis dahin stetigen Anwachsen des Interesses an der photographischen Optik eintritt, ist sehr schwer zu entscheiden. Bei eingehender Durchmusterung der Jahrgänge des Organs der grossen Londoner Gesellschaft scheint es, dass auch die Antheilnahme an anderen Fragen der photographischen Technik erlahme. Das ganz und gar Ursachen rein persönlicher Natur zuzuschreiben, — auf diesen Gedanken könnte man durch die Lektüre der Zeitschriften jener Zeit kommen, — möchte ich mir aus dem Grunde nicht erlauben, weil ich dazu diesem Studium eine viel längere Zeit hätte widmen müssen, als mir das möglich war; die Feststellung der Thatsache glaube ich aber aufrecht erhalten zu können, sie giebt sich auch in anderen Erscheinungen, so in dem 1868 erfolgenden Eingehen der *Photographic Notes* von Th. Sutton, kund.

The British Journal of Photography hatte 1865 seinen langjährigen ausgezeichneten Redakteur, G. Shadbolt, infolge Rücktritts verloren, und es war ein Redaktionskomitee an die Stelle getreten, aus welchem für uns die Person J. Traill Taylor's weitaus am wichtigsten ist.

J. Traill Taylor.

J. Traill Taylor [* 23. Jan. 1827, † 8. Nov. 1895] war am 23. Jan. 1827 zu Kirkwall auf den Orkney-Inseln geboren und erlernte zunächst das Uhrmacherhandwerk. In seiner arbeitsfreien Zeit beschäftigte er sich mit der Ausübung der Daguerreotypie, sowohl dem chemischen als auch dem optischen Theil der Kunst rege Aufmerksamkeit zuwendend. Infolge seines Aufenthaltes in Edinburgh machte er hinsichtlich der photographischen Optik, auf die es uns hier allein ankommt, die Bekanntschaft von Männern wie Sir David Brewster, R. H. Bow und Th. Davidson, von denen er besonders letzteren beiden eine stete Anhänglichkeit bewahrte.

Schon bei den Sitzungen der Edinburgher Photographischen Gesellschaft hatte er häufig Referate über optische Themata übernommen, die dann in den verschiedenen Zeitschriften erschienen, und in seiner späteren Stellung als Redakteur setzte er seine Thätigkeit auf diesem Gebiete fort. Es sind nun seine Artikel nicht ausgezeichnet durch besonders tiefgehende Untersuchungen in der optischen Theorie der photographischen Objektive, — ein solches Verlangen an einen vielbeschäftigten Redakteur, der seine Kenntnisse als Autodidakt gesammelt hat und im Lande der tatonnirenden Optik lebte, zu stellen, wäre unbillig, — aber sie sind trotzdem von Werth, da aus ihnen ein Praktiker spricht, der bei genügendem Einblick in das wissenschaftliche Handwerkszeug der Optiker

nur das vorbringt, was er selbst verstanden hat. Andererseits aber besass J. TRAILL TAYLOR eine während seiner langjährigen Beschäftigung mit der Photographie erworbene, ausgedehnte und persönliche Kenntniss der photographischen Objektive und ist uns für einige amerikanische Typen, sowie für manche Erzeugnisse der altenglischen Optik wenn nicht der einzige vorhandene, so doch der einzige zugängliche Gewährsmann. Die Titel seiner Schriften sind der ganzen Tendenz dieser Darstellungen entsprechend nur dort im Inhaltsverzeichniss aufgeführt, wo mir ältere Quellen nicht zu Gebote standen; die Anzahl der auf ihn zurückzuführenden Artikel historischen Inhalts ist bedeutend grösser. Ist er so für unsere Aufgabe wichtiger als mancher anspruchsvollere Geist, so giebt er uns weiterhin das sehr anmuthende Beispiel eines Mannes, der ernsthaft bestrebt ist, gerecht zu sein vor allem gegen solche Männer von Verdienst, die bei seinen Landsleuten infolge zeitlichen Abstandes und nationaler Verschiedenheit leicht in Vergessenheit gerathen konnten. Ein schönes Zeugniss davon liefert der jedenfalls ihm zuzuschreibende Artikel über J. PETZVAL in *The British Journal of Photography* vom August 1875, also zu einer Zeit, wo in dessen eigener Heimath kaum jemand an seine Verdienste auf optischem Gebiete dachte. Eine Zusammenfassung seiner historischen Kenntnisse giebt er in einer auch sonst sehr lesenswerthen kleinen Schrift (*11.*), von der ebenfalls gilt, dass sie aus ihrem Gebiete wohl nicht alles Wissenswerthe mittheilt, aber in allem Mitgetheilten zuverlässig und verständlich ist.

Auf seine Hervorhebung einiger eigenthümlicher Eigenschaften des Teleobjektivs werden wir noch an anderer Stelle kurz zu sprechen kommen, hier brauchen wir von seinem Leben nur noch soviel zu erwähnen, dass er während der langen Zeit der Schwäche des *Photographic Journal* und des Niederganges der *Photographic News* seine Zeitschrift kräftig erhielt, ja ihr noch eine monatliche, den Interessen der Projektionstechnik gewidmete Beilage zufügen konnte.

Wohl war die Trauer gerechtfertigt, als die Kunde eintraf, J. TRAILL TAYLOR sei auf einer Erholungsreise in Lane Park auf Florida am 8. Nov. 1895 aus dem Leben geschieden.

Amerikanische Optik. J. ZENTMAYER und H. MORTON.

In Amerika lagen die Verhältnisse anders als in England; so weit wir bei dem lückenhaften Zustande unserer Nachrichten über die Fortentwickelung der amerikanischen Optik unterrichtet sind, scheint sich ein sehr gedeihliches Zusammenwirken zwischen dem befähigten Optiker J. ZENTMAYER und dem ebenfalls schon er-

wähnten akademisch vorgebildeten Theoretiker H. MORTON etwa seit dem Anfang der 60er Jahre herausgebildet zu haben. Ein hübsches Beispiel der Erfolge solcher gemeinsamen Arbeit liefert eine von eben diesem H. MORTON (2.) mitgetheilte Modifikation eines schon von Sir DAVID BREWSTER angegebenen Reversionsprismas zur Aufrichtung der mit Hilfe eines Projektionsapparates einem grossen Publikum vorgeführten Bilder solcher Objekte, die man in gewissen Fällen (beispielsweise bei Experimenten mit offenen Wasserkammern, Magneten u. a. m.) nicht selbst umkehren kann. Bei diesem Glasprisma tritt an der Unterfläche totale Reflexion ein, und J. ZENTMAYER hatte demselben eine zweckmässige Form gegeben, die es ermöglichte, das Volumen dieses Instruments nicht unbeträchtlich zu reduciren.

H. MORTON über Verzeichnung.

Schon im nächsten Jahre liess H. MORTON (3.) einen Artikel über die Verzeichnung der photographischen Objektive erscheinen, welcher meines Wissens zum letzten Male für eine lange Zeit Vorhandensein und Ursache der Distortion wesentlich bei symmetrischen Objektiven bespricht. Nach seiner Angabe ist er mit früheren Arbeiten auf diesem Gebiete nicht bekannt, und er beginnt mit der Aufstellung der Forderung, dass der austretende Strahl parallel oder zusammenfallend mit dem eintretenden sein müsse. Doch war er sich wohl bewusst, dass diese Forderung in ihrer Erfüllung noch nicht hinreichend zur Herbeiführung der Orthoskopie ist, sondern dieselbe verlange noch, dass die die enge Blende passirenden Strahlen vor Eintritt und nach Verlassen des Objektives monocentrisch seien. Es ist also nichts mehr und nichts minder als das BOW-SUTTON'sche Gesetz, nämlich die Forderung der aberrationsfreien Abbildung des in der Blendenmitte monocentrischen Hauptstrahlenbüschels durch die der Blende vorangehenden und nachfolgenden Systemtheile, welche hier ganz bewusst bereits 1868 wieder ausgesprochen wird. Ist nun diese specielle Art sphärischer Aberration nicht gänzlich aufhebbar, wie sie es im allgemeinen wirklich nicht ist, so folgerte H. MORTON konsequenter Weise daraus, dass im allgemeinen symmetrische Objektive nicht verzeichnungsfrei sein würden. Soweit waren die hauptsächlichsten Punkte dieser Theorie schon von TH. SUTTON entwickelt worden, doch ging H. MORTON noch über ihn hinaus auf ein vorher nur von R. H. BOW betretenes Gebiet und sprach den Satz aus, dass eine gewisse Grössenbeziehung zwischen den Systemkomponenten herrschen müsse, solle eine verzeichnungsfreie Kopie erhalten werden; bei der *globe lens*, einem holosymmetrischen System, ist das bei Reproduktionen auf gleiche Grösse der Fall, bei dem ZENTMAYER'schen Objektiv, einer hemisymmetrischen Konstruktion, für ein anderes Grössenverhältniss, über das er sich nicht näher auslässt. Wir wissen nun aus dem Früheren (S. 180), dass dieses Verhältniss der Bestandtheile bei dem Satz J. ZENTMAYER's immer wie 2 : 3 war, und dass bei diesem Grössenverhältniss zwischen Objekt und Bild völlige Orthoskopie besteht. Vergegenwärtigt man sich die von H. MORTON vorgetragene Theorie, und bedenkt man, dass er die Verschiedenheit des Verhaltens von *globe lens* und ZENTMAYER's *lens* ausdrücklich hervorhob, so ist die Annahme wohl nicht zu kühn, dass er sich auch des

Grössenverhältnisses zwischen Objekt und Bild bewusst war, bei dem auch ein hemisymmetrisches Objektiv die Bedingungen der Orthoskopie erfüllt.

Nur einmal noch kommen beide Männer in unseren Gesichtskreis, nämlich im Jahre 1876, wo von jedem ein Vortrag über Optik gehalten wird, der für einen grösseren Zuhörerkreis berechnet ist. Der Inhalt ist in beiden naturgemäss der gleiche; es mag aus dem H. MORTON's (*4.*) nur erwähnt werden, dass der einzige Name eines Optikers, der überhaupt genannt wird, der J. ZENTMAYER's ist, dessen Objektiv, der Stolz der amerikanischen Optik, uns wiederum vorgeführt wird, wobei der Finger des Demonstrators vorsichtig und schonend über die Mängel dieses Instrumentes hinweggleitet, die doch nicht ganz zu verschweigen waren.

Mehr entnehmen können wir fraglos dem Vortrage J. ZENTMAYER's, der uns hier zum ersten Male persönlich entgegentritt. Seine Darstellungsform ist in einer sehr bemerkenswerthen Weise dem Verständniss seiner Zuhörer angepasst, und der mitgetheilte Inhalt lässt uns in J. ZENTMAYER einen Optiker erkennen, dessen Kenntnisse über das blos Handwerksmässige sehr wohl hinausgehen.

J. ZENTMAYER's Vortrag über Optik.

Die Fehler sphärischer und chromatischer Natur werden hauptsächlich an Fernrohrsystemen geschildert und die Mittel ihrer Korrektion angegeben. Dabei verschweigt er nicht, dass der dann erzielte Korrektionszustand keine Hebung im strengen Sinne ist, sondern dass stets gewisse Fehlerreste zurückbleiben, die man, wenn sie sich auf die Chromasie beziehen, sekundäres Spektrum nennt; daran knüpft sich passend ein kurzer Ueberblick über die Entwicklung der Ansichten hinsichtlich der chromatischen Korrektion, der die Stellung von I. NEWTON, L. EULER, J. DOLLOND und J. FRAUNHOFER charakterisirt. Auch der durch C. A. STEINHEIL in die Fernrohroptik eingeführten Verbesserungen wird rühmend gedacht. Doch bei der Besprechung der eigentlichen photographischen Optik blickt der Pferdefuss des Geschäftsinteresses unverkennbar durch: Auch nicht e i n Wort verlautet von den Errungenschaften der Vorgänger, seien sie nun Vertreter der deutschen theoretischen oder der englischen tatonnirenden Optik, trotzdem man nach dem Obigen eine eingehende Kenntniss doch sicher voraussetzen muss. In der Besprechung der Bildfeldkrümmung behandelt er die durch die Blendenentfernung hervorgebrachte Bildfeldstreckung und Korrektion der Koma ganz im Sinne TH. GRUBB's, während er sich in der Frage der Distortion der Einzellinse allem Anscheine nach an die schon besprochene Darstellung R. H. BOW's hält. Die Korrektion der Verzeichnung lässt sich nach ihm durch die Hinzufügung einer negativen Linse oder, vollständiger noch, durch eine symmetrische Kombination herbeiführen. Nach kurzer Erörterung des Wesens des Astigmatismus empfiehlt er zur Korrektion desselben eine symmetrische Stellung zweier Menisken derart zur Blende, dass die Hauptstrahlen unter möglichst geringen Incidenzen die Linsenbestandtheile passiren. Eine kurze Bemerkung über den „parallaktischen Fehler", das sogenannte „Hintenherumsehen" grosser Objektive, schliesst den Vortrag.

R. MORRISON's Modifikation der *globe lens.*

Von sonstigen Vorgängen aus der amerikanischen Optik wissen wir nur nach J. TRAILL TAYLOR (*11.*), dass RICHARD MORRISON, ein Optiker aus der Werkstätte C. C. HARRISON's, eine Modifikation der *globe lens* herausbrachte, in welcher er die vordere Kombination verkittet beliess und ihr eine gewisse chromatische Ueberkorrektion gab, die dann durch den hinteren Crownglasmeniskus korrigirt werden sollte; derselbe diente dann gleichzeitig dazu, die Distortion in dem Maasse zu heben, wie beim unsymmetrischen Doublet. Diese Linsen, die dem WENHAM'schen Objektive von 1857 ähnlich waren, gehörten dem Typus der achromatischen Periskope an, der von einer ganzen Reihe von Optikern in Vorschlag gebracht worden ist. Ueber die Zeit der Einführung dieses Objektivs wissen wir ebenso wenig Näheres, als über die Daten*) seiner Konstruktion.

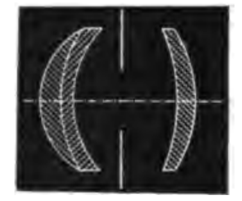


Fig. 87.
R. MORRISON: Schema für die *wide angle lens.*
Quelle: J. TRAILL TAYLOR. *11. 67.*
(Konstruktionsdaten unbekannt.)

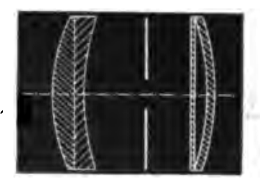


Fig. 88.
R. MORRISON: Schema für die *wide angle view lens.*
Quelle: R. MORRISON.
Maassstab möglicherweise f = 100 mm entsprechend.
(Konstruktionsdaten lückenhaft angegeben.)

Weitwinkel.

Bei seinen späteren Objektiven scheint sich R. MORRISON an die äussere Form der PETZVAL'schen Objektive gehalten zu haben; so brachte er 1872 ein Weitwinkelobjektiv heraus, das aus einer verkitteten, chromatisch überkorrigirten Vorderlinse und einem Hinterglied aus zwei einzelstehenden Crownlinsen bestand. Dasselbe ist hier in einer wahrscheinlich nicht grossen Annäherung an die natürliche Grösse dargestellt, weil über die absolute Länge

*) Hierzu muss ich indessen bemerken, dass ich während der Drucklegung solche Daten bei H. SCHROEDER (*4. 203.*) angegeben fand. Die darauf hin mit dem Brechungsexponenten $n_D = 1.515$ für L_1 und L_3 und $n_D = 1.574$ für L_2 angestellte Rechnung lieferte ein Resultat, welches allerdings mit der SCHROEDER'schen Beschreibung nicht völlig übereinstimmt. Danach ist der Zustand der sphärischen Aberration ziemlich der gleiche wie bei der *globe lens*, und durch geringe Aenderungen der Blendenstellung lässt sich für $\omega = 31^1/_2{}^0$ Bildfeldebenung im übertragenen Sinne erreichen, wobei die astigmatische Differenz für f = 100 mm 11.1 mm beträgt.

der Brennweite, über die Abstände und Glasarten keinerlei Angaben auffindbar waren.

Gruppenobjektiv 1880.

Ein anderes Objektiv desselben Optikers beschrieb J. TRAILL TAYLOR (5.) und zwar als ein für Gruppenaufnahmen bestimmtes unsymmetrisches Doublet aus zwei Paaren einzeln stehender Linsen. Die nebenstehende Figur ist unter der Annahme gezeichnet, dass die absolute Länge der Aequivalentbrennweite der MORRISON'schen

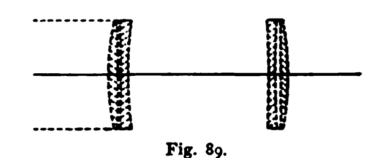


Fig. 89.
R. MORRISON: *Group lens.*
Quelle: J. TRAILL TAYLOR. 5.

Approximativ reducirt auf $f = 100$ mm.
Relative Oeffnung etwa 1 : 7.
Nicht durchgerechnet, da die Angabe der Brechungsexponenten fehlt.
Radien r_ν und Entfernung b in Millimetern auf der Axe gemessen.

$r_1 = 32.1$	$b = 18.7$
$r_2 = 250$ konvex	$r_6 = r_5 = 142.8$
$r_3 = 214$ konkav	$r_7 = \infty$
$r_4 = 53.2$	$r_8 = 39.0$

Die Dicken sind alle zu 1 mm angenommen worden.

Linse 356 mm (14 in.) betrug — als *back focus* (Schnittweite) sind 305 mm (12 in.) angegeben — die unter dieser Voraussetzung mögliche Maximalöffnung beträgt 1 : 7. Ob die Konstruktion thatsächlich durch Modifikation des PETZVAL-Objektivs entstanden ist, bleibt vorläufig eine offene Frage.

J. A. KNAPP's Korrektor.

Aus ungefähr der gleichen Zeit, 1878/79, ist der Korrektor für Portraitobjektive alter Form von JOHN A. KNAPP zu erwähnen. Bei demselben wird eine achromatische Zerstreuungslinse vor ein altes PETZVAL'sches Portraitobjektiv geschaltet, um von dem plan vorausgesetzten Objekt zunächst ein virtuelles gekrümmtes Bild zu erhalten, welches dann durch das Portraitobjektiv eben abgebildet wird. Es ist nicht ausgeschlossen, dass mit dieser Vorrichtung thatsächlich eine Besserung der Korrektion der schiefen Büschel erreicht wurde. J. A. KNAPP erhielt auf seine Erfindung ein englisches und ein amerikanisches Patent.

Die ganz ungenügend beschriebene Konstruktion HENRY E. MEAD's aus dem Jahre 1876, welche aus drei unverkitteten Linsen bestand, sei hier nur eben erwähnt.

Die allmähliche Hebung des photographischen Interesses.

Das Interesse für optische Fragen ist in der Periode bis zum Ende der 80er Jahre in England nur wenig rege im Vergleich zu der glänzenden Zeit 1857—1866. Mit der Form des symmetrischen

Objektivs, wie solche in England durch die Firmen Ross & Co. und J. H. Dallmeyer ausgeführt wurden, schienen die Wünsche der Photographen befriedigt, und thatsächlich liess sich mit den alten Glasarten unter Beibehaltung dieser Formen wohl kaum etwas Vollkommeneres schaffen. Erst gegen das Ende dieses Zeitraumes begegnen wir Bestrebungen der Konstrukteure, neue Typen auf den Markt zu bringen. Ab und zu hört man von Vorschlägen und Versuchen, die französische Idee der Satzobjektive in England auszugestalten; dieselbe wird mit manchen Neuerungen verquickt, ohne dass doch eine endgültige Lösung des Problems erreicht worden wäre. Für die Theorie des Objektivs selbst findet sich vollends wenig Neigung, kaum dass ein oder der andere Artikel über solche Fragen erscheint.

Satzobjektive und Normalfassung.

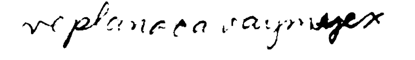
Gehen wir zu den Einzelheiten über, so erregte die Herausgabe eines Darlot'schen Satzes in Paris schon früh,*) 1877, Interesse in England, was durch die Lebendigkeit der Beziehungen zwischen London und Paris — hatte doch das *British Journal* einen eigenen Korrespondenten in letzterer Stadt — seine Erklärung findet. Ueber die Leistungen dieses eigentlichen Aplanatsatzes scheint nur eine mässige Zufriedenheit geherrscht zu haben, doch lockte die Billigkeit des auf einer durchaus gesunden Idee beruhenden Instruments immerhin Kunden an. Auch der Gedanke tauchte schon 1880 auf**), die *Combination lenses* zu verlassen und statt dessen die Einzelkombinationen guter Doppelobjektive derartig zu fassen, dass sie sich in ein- und dasselbe, die Blende enthaltende Rohrstück schrauben liessen. Vermuthlich sind diese Versuche damals nicht ernstlich realisirt worden, denn man begegnet ganz charakteristischer Weise niemals der Fragestellung, wie man es dann mit der Bezeichnung des gemeinsamen Blendensatzes halten solle. Mit einer komplicirteren Blendeneinrichtung hat man aber auf jeden Fall den Vortheil des geringeren Gewichtes und Umfanges zu bezahlen, den solche Fassungen bieten. Es wird sich später zeigen lassen, wie ausserordentlich schwierig eben aus diesem Grunde die Einführung der Normalfassung wurde, trotzdem dieselbe in geradezu idealer Weise die hier auftretenden Forderungen erfüllte.

Th. Furnell's Satzobjektive.

Mit der Satzidee verbunden tritt uns ein Vorschlag von Thomas Furnell in 1883 entgegen, wobei die Verzeichnung der

*) B. J. 1877. 24. No. 879. 118.
**) B. J. 1880. 27. No. 1033. 86—87.

Einzellinse durch eine Kombination mit Luftzwischenraum gehoben werden sollte. Eine nur annähernd genaue Skizze dieser Konstruktion folgt hier. Nur annähernd, weil unter den sonst sehr sorgfältig gemachten Angaben — selbst Linsen- und Blendenabstände sind zahlenmässig angegeben — die Glasdaten und die Angabe der Aequivalentbrennweite fehlen. Der Grund zu der Verzeichnungsfreiheit, die selbstverständlich nicht vollständig erreicht sein wird, liegt in der Herbeiführung annähernder Konstanz des Tangentenverhältnisses.



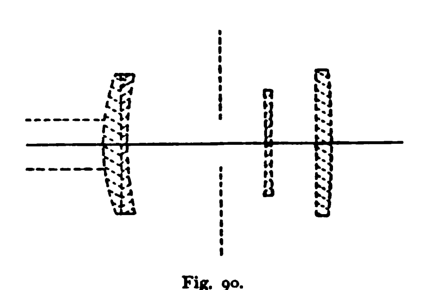


Fig. 90.
TH. FURNELL: *Photographic lens.*
Quelle: TH. FURNELL.

Approximativ reducirt auf f = 100 mm.
Relative Oeffnung 1 : 15.
Nicht durchgerechnet, da die Angabe der Brechungsexponenten fehlt.
Radien r_ν, Dicken d_ν und Entfernungen b_ν in Millimetern auf der Axe gemessen.

$r_1 = 26.0$		$r_4 = r_5 = 428$	
	$d_1 = 2.5$		$d_3 = 0.8$
$r_2 = \infty$			$b_3 = 6.4$
	$d_2 = 0.7$	$r_6 = \infty$	
$r_3 = 39.2$			$d_4 = 1.7$
	$b_1 = 12.6$	$r_7 = 111$	
	$b_2 = 5.6$		

Die Dicken und Abstände sind durch Messung an der Figur erhalten.

Der Urheber schlug vor, sich in den Besitz mehrerer plankonvexer Hinterlinsen zu setzen, um durch die Auswechselung derselben ein Mittel zu haben, die Brennweite der ganzen Kombination zu ändern. Er schlug 38, 51, 64 cm (15, 20, 25 in.) Brennweite der plankonvexen Linsen vor. Die Aenderung in der chromatischen Korrektion, die dadurch herbeigeführt wurde, scheint TH. FURNELL ebensowenig beunruhigt zu haben, als J. TRAILL TAYLOR (*6.*), der etwa ein Jahr später diese Konstruktion besprach und auf ihre Aehnlichkeit mit dem einen Typus J. T. GODDARD's hinwies.

W. ACKLAND's Modifikation.

Um diese Zeit nahm WILLIAM ACKLAND (*1.*) [* 1801, † 30. März 1895] den FURNELL'schen Gedanken auf. Derselbe war (*2.*) ein Optiker im Dienste der besonders früher auf photographischem Gebiete sehr thätigen Firma HORNE & THORNTHWAITE. Er machte, wie gesagt,

Versuche, angeregt durch FURNELL's *lens*, hat aber über seine Konstruktion keine näheren Angaben veröffentlicht, dieselbe sollte unter dem Titel *compound lens* herausgegeben werden. Bemerkenswerth sind die Blenden: Er stufte die Brennweiten seines Satzobjektives 15.2, 21.6, 30.5 cm (6, 8.5, 12 in.) so ab, dass sie sich verhielten, wie $1:\sqrt{2}:2$, und war dadurch in den Stand gesetzt, eine sehr einfache Blendennumerirung durchzuführen; die kleinste Blende des Objektivs längster Brennweite hatte in dem mittlerer den doppelten Lichtwerth und in dem Objektive kürzester Brennweite den vierfachen. Gleichzeitig war auch die Zahl der Blenden verringert. Diese Vereinfachung des Blendensystems war nur durch die Beschränkung auf das angegebene Wachsthumsverhältniss der Brennweiten ermöglicht worden. Leider sind mir über die Konstruktion der *compound doublets* keinerlei nähere Angaben bekannt geworden; auf Grund des vorliegenden Materials ist nicht einmal mit Sicherheit zu entscheiden, ob es ein symmetrisches oder asymmetrisches Satzobjektiv sein sollte.

J. TRAILL TAYLOR's Verzeichnungskorrektion.

Auf die ursprüngliche Idee TH. FURNELL's, die Verzeichnung der Landschaftslinse zu korrigiren, ging J. TRAILL TAYLOR 1888 wieder zurück, indem er (*8.*) empfahl, vor die Blende einer Einzellinse eine Kombination aus zwei einfachen, mit einander nicht verkitteten Menisken zu setzen, welche bei schwach sammelnder Wirkung nur die bessere Erfüllung der Tangentenbedingung ermöglichen sollten. Wie es nach demselben Autor scheint, war der gleiche Vorschlag schon früher von Sir HOWARD GRUBB, dem Sohne TH. GRUBB's, gemacht worden, der thatsächlich 1871 ein englisches Patent auf eine ähnliche Kombination erhalten hatte. Der wesentliche Unterschied war nur der gewesen, dass er mit der schwach oder garnicht sammelnden Zusatzkombination die Blende eingeschlossen hatte, während J. TRAILL TAYLOR beide Linsen vor die Blende setzte.

Neuerungen von Seiten der leitenden Firmen finden sich nur wenige in diesem Zeitraum.

H. SCHROEDER's Eintritt in die Ross'sche Werkstätte.

Der Leiter der optischen Werkstätte von ROSS & Co., JOHN STUART, gewann, die Wichtigkeit theoretischer Kenntnisse anerkennend, im Jahre 1882 die Dienste des deutschen Optikers HUGO SCHROEDER, der im gleichen Jahr auf seiner eigenen Fabrik in Oberursel bankbrüchig geworden war. Es scheint nicht, als habe sich die neue Kraft, welche reiche theoretische und praktische Erfahrung auf dem Gebiete der konstruktiven Optik mitbrachte, gleich auf photographische Objektive geworfen; wenigstens finden wir erst

drei Jahre später einen Bericht von ihm (*2.*) über eine in London berechnete photographische Konstruktion, die zunächst für Sternaufnahmen berechnet war. Man lehnte aber in jener Werkstätte es ab, die praktische Ausführung dieses Objektives zu beginnen, da Triplets veraltet seien, eine Ansicht, die, soweit es sich um Triplets ohne astigmatische Bildebenung handelt, auch wohl ganz zutreffend ist.

Th. R. Dallmeyer's *rectilinear landscape lens.*

Auch die konkurrirende Werkstätte von J. H. Dallmeyer, die von dessen Sohne Thomas Rudolph Dallmeyer geleitet wurde, verhielt sich im Anfange der 80er Jahre ganz still auf optischem Gebiete. Ihrer ersten Neukonstruktion begegnen wir erst im Jahre 1888, wo (*2.*) ein eigenthümliches Objektiv zum Patent angemeldet wurde. Dasselbe besteht aus zwei mit den hohlen Seiten gegen einander gekehrten Menisken, bei denen die Blende aber nicht in dem Zwischenraum, sondern vorn, nach der Objektseite zu steht. Schon einmal sind wir einer ähnlichen Konstruktion begegnet, als wir nämlich J. T. Goddard's *double periscopic landscape lens* (S. 164) beschrieben. Thatsächlich ist auch auf diesen Vorgänger mehrfach von J. Traill Taylor hingewiesen worden, und man ist wohl auch berechtigt, dieses Objektiv zu bezeichnen als eine nach Art der Goddard'schen Linse gebildete Kombination, deren Vorderglied sich von dem Goddard'schen in derselben Weise unterscheidet, wie die *aplanatic lens* Th. Grubb's von der *französischen Landschaftslinse.*

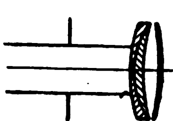


Fig. 91, s. Taf. IV.
Th. R. Dallmeyer: *New rectilinear landscape lens.*
Quelle: J. M. Eder. *1, 69.*
Reducirt auf $f_D = 100$ mm.
Durchgerechnet für 1 : 17.6 und $\omega = 34^0$.
Radien r_ν, Dicken d_ν und Entfernungen b_ν in Millimetern auf der Axe gemessen.

b_1[1]) = *8.1*
$r_1 = 20.6$
d_1[2]) = *0.5*
$r_2 = 11.0$
d_2[2]) = *1.8*
$r_3 = 23.7$
b_1[2]) = *8.0*
$r_4 = 42.5$
d_3[2]) = *0.5*
$r_5 = 24.7$

Glasarten n_D.
$L_1 = 1.5740$
$L_2 = 1.5146$
$L_3 = 1.5171$

[1]) Unter Rücksichtnahme auf annähernde Bildfeldebenung angenommen.
[2]) Durch Messung an der Figur bestimmt.

Was die Ergebnisse der Durchrechnung angeht, so ist das Objektiv sphärisch etwa ebenso beschaffen wie die andern hier schon besprochenen Landschaftslinsen, d. h. unterkorrigirt, und zwar mit einem Betrage von — 1.1 mm bei einer relativen Oeffnung von 1 : 16.5.

Astigmatisch ist die Stellung der Blende von sehr erheblichem Einfluss; beim Heranrücken derselben krümmt sich das Bildfeld erheblich und wird konkav gegen das Objektiv. Hier ist eine Blendenstellung gewählt, bei der angenäherte Ebenung für einen Neigungswinkel von etwa 30° herrscht. Allerdings ist dabei der Astigmatismus schon recht erheblich.

Was dieses Objektiv aber auszeichnet und ihm auch seinen Namen gegeben hat, sind die geringen Abweichungen von der Orthoskopie im Vergleich

zu den verkitteten Landschaftslinsen mit Vorderblende. Dass J. T. GODDARD sein entsprechendes Objektiv ausdrücklich unter diesem Gesichtspunkte konstruirte, ist uns von S. 164 her bekannt.

TH. R. DALLMEYER führte diesen Typus in einem Vortrage (*3.*) der *Photographic Society of Great Britain* vor und betonte ganz richtig, dass die neue für Landschaftsaufnahmen bestimmte Kombination vor allen einzelnen Landschaftslinsen durch Abwesenheit der Distortion sich auszeichne. Man wird sich nur dagegen erklären müssen, dass dieses Objektiv einfach den *single landscape lenses* zugezählt werde. Im gewöhnlichen Sprachgebrauch versteht man darunter jedenfalls Linsen mit nur zwei reflektirenden Flächen, und dieses Kriterium trifft hier nicht zu.

Objektivprüfungen von TH. R. DALLMEYER, W. K. BURTON und L. DARWIN.

Ein gewisses Interesse besitzt in diesem Vortrag noch die Aufzählung der verschiedenen Eigenschaften, auf die hin das Objektiv einer Prüfung unterworfen wurde; es fehlt darin indessen die besondere Aufführung des Astigmatismus. Ein ähnliches, wohl genaueres Prüfungsschema hatte zwei Jahre zuvor W. K. BURTON vorgeschlagen, indem er eine Methode angab, die zur Prüfung der sphärischen Korrektion in und ausser der Axe dienen sollte. Dieselbe nahm auf das Auflösungsvermögen Bezug — etwa nach J. PETZVAL's (*6.*) Art —, doch scheint sie sich nie eingeführt zu haben, wohl wegen der unvermeidlichen Willkür in der Beurtheilung. Eine ähnliche Prüfungsmethode auf sphärische Aberrationen wurde dann 1892 von L. DARWIN empfohlen, die möglicher Weise noch jetzt in der Prüfungsstation zu Kew geübt wird.

Für die besprochene Zeit waren dieselben wohl von wenig Bedeutung, da die angebotenen Konstruktionen alle grosse Fehler in der Richtung des Astigmatismus aufwiesen.

L. GUNDLACH's Einzellinse und Rektigraph.

Doch um wieder auf die damaligen Neukonstruktionen zurückzukommen, so erschien als letzte Form in diesem Zeitabschnitt das Einzelobjektiv des Deutsch-Amerikaners ERNST GUNDLACH (*2.*). E. GUNDLACH war ursprünglich in Berlin als Optiker ansässig gewesen, dann aber nach den Vereinigten Staaten ausgewandert. Er hatte sich in der Mikroskopoptik Verdienste erworben, indem er unter den Ersten Mikroskopobjektive für aktinische Strahlen*) korrigirte. Sein neues photographisches Objektiv, das im Jahre 1890 zum Patent angemeldet wurde, ist eine aus drei Bestandtheilen zusammengekittete Einzellinse mit der konkaven Seite nach vorn. Diese Bestandtheile sind ein zerstreuender Flintmeniskus, der von

---

*) B. J. 1893. **40.** Nr. 1744. 640.

zwei Crownmenisken, einem positiven und einem negativen eingeschlossen wird. Nach der Patentbeschreibung sind beide aus dem gleichen Glasmaterial, und damit würde dieser Typus unter den M. MITTENZWEI sieben Jahre früher patentirten Typus fallen, der später besprochen werden soll. Irgend welche Angaben über Radien und Brechungsindices sind nicht gemacht.

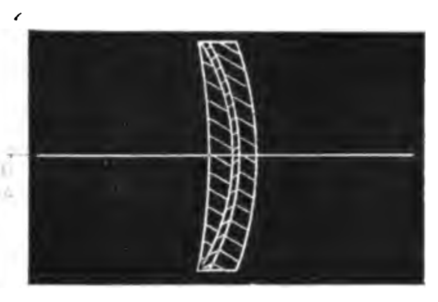


Fig. 92.
E. GUNDLACH: Schema für sein Einzelobjektiv.
Quelle: E. GUNDLACH. *2.*
(Konstruktionsdaten unbekannt.)

Zu gleicher Zeit finden wir ein anderes englisches Patent von E. GUNDLACH (*3.*) erwähnt, in dem eine Vorrichtung geschützt wurde, welche es erlaubte, zu gleicher Zeit den Linsenabstand zu vergrössern und die Irisblende weiter zu öffnen; doch scheint dieser Gedanke keine weite Verbreitung gefunden zu haben.

Etwa ein Jahr darauf hören wir von dem Erfinder der eben beschriebenen Einzellinse selbst (*4.*), dass er ein neues, aus zwei symmetrisch gegenübergestellten Einzelelementen bestehendes Doppelobjektiv herausgebracht habe, welches unter dem Namen ***Rectigraph*** auch an anderer Stelle erschien.

A. G. CLARK's Doppelobjektiv.

Zeitlich geht ihm indessen ALVAN G. CLARK voraus, der sich 1889 ein aus zwei Kombinationen zusammengesetztes Doppelobjektiv patentiren liess, deren jede aus zwei unverkitteten Einzellinsen bestand. Man kann das ganze Objektiv am besten beschreiben als gebildet aus zwei Fernrohrobjektiven nach C. F. GAUSS, deren Vorderflächen der Blende zugekehrt sind. Nähere Daten darüber, als die blossen Radien, sind mir nicht zugänglich gewesen.

Rückblick.

Wir können hiermit diesen Abschnitt der englischen Optik beschliessen. Die Tage, in denen der Optiker mit den alten Glasarten auskam, indem er sich auf die altbekannten Typen des PETZVALschen Portraitobjektives und der Aplanate beschränkte, waren vorüber; trotz der vorläufig vergeblichen Bestrebungen der deutschen Optiker zur Nutzbarmachung der neuen Gläser konnten einsichtige Beobachter merken, dass die Möglichkeit nicht ausgeschlossen sei, dass über die Nordsee her wieder einmal ein neuer Typus seinen Einzug halten würde. Ihrerseits aber war allem Anscheine nach die englische Optik nicht wohl gerüstet, solchen Neuerungen Aehnliches entgegenzusetzen.

Es ist doch bezeichnend, wenn die Redaktion einer so gut geleiteten Zeitschrift, wie es *The British Journal of Photography* ist, den Hauptvorzug der Vollendung der englischen Objektive dem theoretischen Entwurf nur in zweiter Linie, der (tatonnirenden) Ausführung aber in erster Linie zuschreibt. Noch charakteristischer ist es vielleicht, dass wir in keiner englischen Patentbeschreibung jener Zeit eine Angabe der Glasdicken und höchst selten die der Blendenabstände finden, und es erscheint der Schluss vielleicht nicht ungerechtfertigt, dass diese Elemente bei der Konstruktion des Objektivs nicht als wesentlich bestimmende angesehen wurden.*)

Ganz anders lagen beim Morgengrauen dieser neuen Epoche die Aussichten, als zur Zeit A. STEINHEIL's. Wiederum hatte die deutsche Theoretik ein unbestrittenes Uebergewicht, aber anders als damals erlauben die durch die neuen Gläser gebotenen Erweiterungen der Konstruktionsmöglichkeiten dem Optiker nicht mehr, sich in erster Linie auf ein geschicktes Tatonnement zu verlassen. Hinzu kommt, dass der Patentschutz auf die neuen Typen in nachdrücklichster Weise aufrecht erhalten werden sollte, während damals das symmetrische Objektiv infolge der Priorität A. Ross's über TH. GRUBB thatsächlich der Allgemeinheit gehörte. Somit musste es in der That jetzt den Firmen, die von einer wirklich erfolgreichen Neuerung ausgeschlossen waren, schwer werden, sich nicht den Wind aus den Segeln nehmen zu lassen.

So wird es sicherlich von Interesse sein, zu betrachten, wie die englische Optik den ihr gebotenen Konkurrenzkampf aufnimmt.

4. Die Zeit der modernen Objektivkonstruktionen.

Interesse am Jenaer Glase zur Hebung des sekundären Spektrums.

Die Eröffnung des Jenaer Glaswerks im Jahre 1886 hatte naturgemäss in England auf photographischem Gebiete noch weniger Aenderungen hervorgerufen als in Deutschland. Es ist völlig verständlich, dass sich das Interesse zunächst wenigstens auf die Mikroskopobjektive koncentrirte, in der durch E. ABBE's Rechnungen die neu gebotenen Möglichkeiten so glänzend ausgenutzt waren.

Ganz wie in Deutschland selbst hat man wohl auch im englischen Sprachgebiet zunächst nach dieser von E. ABBE beschrittenen Richtung hin Fortschritte zu erzielen gesucht; wenigstens sieht

*) Englische Leser, die diese Schilderung für unfreundlich halten, verweise ich auf den Schlussabsatz von CONRAD BECK (*106.*) und auf die Antwort TH. DALLMEYER's in der Diskussion.

E. GUNDLACH (*1.*), der Verfasser des ersten mir in den englischen Zeitschriften zu Gesicht gekommenen fachmännischen Artikels über das Jenaer Glas, auch für das photographische Objektiv das Heil in einer möglichst vollständigen Aufhebung des sekundären Spektrums.

H. SCHROEDER's *concentric lens.*

Der erste, der den eigentlichen Werth des neuen Materials für photographische Objektive klar erkannte, die Möglichkeit nämlich, die Bildfeldebnung herbeizuführen, war der wissenschaftliche Leiter der optischen Werkstätte von Ross & Co., H. SCHROEDER. Die Theorie seines Objektivs werden wir später im Zusammenhange mit dem übrigen von H. SCHROEDER Geleisteten bringen. Hier sei nur soviel erwähnt, dass das Objektiv, die *concentric lens*, schon Mitte 1887 in einer Versuchsausführung vorlag, wie uns das J. TRAILL TAYLOR (*7.*) berichtete. Das Patent wurde am 7. April des folgenden Jahres eingereicht, doch scheint man nach J. TRAILL TAYLOR (*10.*) und H. SCHROEDER (*5.*) erst spät, etwa 1892, zur Einführung gekommen zu sein, da man in der Beschaffung des nöthigen Glasmaterials Schwierigkeiten hatte. Es ist das sehr zu bedauern, da sich Ende der 80er Jahre sicherlich ein weiter Markt für diese Objektive gefunden hätte. Später fanden dieselben die Konkurrenz der vollkommeneren RUDOLPH'schen Anastigmate, wodurch ihr Absatz eingeengt wurde; es scheint überhaupt, als sei die Begrenztheit des äusseren Erfolges der Grund gewesen, weshalb man die grosse theoretische Bedeutung dieses Versuches so oft mit Stillschweigen übergangen findet. In England machte die an ziemlich versteckter Stelle gebrachte Mittheilung nur sehr wenig Eindruck, und auch als ein Jahr darauf J. TRAILL TAYLOR bei der Nachricht von dem MIETHE'schen Anastigmaten seine Leser auf die frühere Mittheilung verwies, ist wohl wenig mehr als die Befriedigung müssiger Neugier erreicht worden.

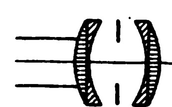


Fig. 93, s. Taf. III.

H. SCHROEDER: *Concentric lens.*
Quelle: H. SCHROEDER. *4. 197.*
Reducirt auf $f_D = 100$ mm.
Durchgerechnet für 1 : 15.9 und $\omega = 31^0$.
Radin r_ν, Dicken d_ν und Entfernungen b_ν in Millimetern auf der Axe gemessen.

$r_1 = r_6 = 11.1$
$d_1 = d_4 = 1.4$
$r_2 = r_4 = \infty$
$d_2 = d_3 = 0.4$
$r_3 = r_4 = 10.2$
$b_1 = b_2$[1]$) = 3.84$

Glasarten n_D.
$L_1 = L_4 = 1.60$
$L_2 = L_3 = 1.53$

[1]) In Rücksicht auf Herbeiführung der anastigmatischen Bildfeldebenung gewählt.

Die Uebernahme der Anastigmatlicenz durch Ross & Co.

Die Firma Ross & Co. selbst übernahm, wie ich (*6.*) mitgetheilt habe, schon 1891 für die RUDOLPH'schen Anastigmatkonstruktionen die Fabrikationslicenz, so dass hiermit der Uebergang von dem ursprünglichen, auf Tatonnement gegründeten Verfahren durch

die SCHROEDER'sche Methode der Vorrechnung hindurch bis zu der vollständigen, auf Grund trigonometrischer Strahlenverfolgung bis ins Einzelne durchgeführten Vorauskonstruktion wenigstens in einer Werkstätte Englands und für einen Objektivtypus erreicht war. Man wird dem damaligen Besitzer der genannten Werkstätte, JOHN STUART, Anerkennung für seine Einsicht in die Nothwendigkeit dieser Aenderung nicht versagen können. Was etwa dreissig Jahre vorher J. T. GODDARD vergeblich erstrebt hatte, das Zusammenwirken des konstruirenden Optikers mit dem trigonometrisch rechnenden Theoretiker war hier wohl zum ersten Male auf englischem Boden erreicht.

Bei den übrigen Firmen hatte man im wesentlichen den alten Standpunkt der tatonnirenden Optik noch nicht verlassen, und selbst von einem theoretisch so gut vorgebildeten Optiker, wie es C. BECK war, hören wir hinsichtlich der Korrektion seitlicher Büschel nur etwa die Ansichten äussern, welche von A. STEINHEIL bei den ersten Aplanatkonstruktionen maassgebend waren, und die wir dann (S. 128) von A. PRAZMOWSKI ausgesprochen fanden.

Die Einführung des Jenaer Glases.

Das Jenaer Glas aber erfuhr immer noch nicht die Beachtung, die es verdiente; waren doch die ersten Versuche infolge mangelhafter Haltbarkeit verschiedener Glasarten nicht besonders erfolgreich ausgefallen, und schien es also in hohem Grade bedenklich, statt der alten billigen und bequem zur Hand liegenden Glassorten englischer Herkunft, deren Materialbeschaffenheit ja an und für sich eine gute war, neue theurere aus Deutschland zu verwenden, deren Haltbarkeit nicht über jeden Zweifel erhaben war. Allmählich aber mehrten sich doch die günstigen Berichte aus Deutschland, und man erhielt in England ebenfalls solche Objektive aus neuem Glase, wie es scheint, zuerst durch E. SUTER; dann aber begannen auch englische Optiker, wie beispielsweise*) die Firmen W. WRAY (2.) und SWIFT & SON, das Jenaer Glas in ihre Objektivkonstruktionen einzuführen. So fingen denn schliesslich selbst Firmen von Ruf, wie die TH. R. DALLMEYER's, an, sich mit dieser Angelegenheit genauer zu beschäftigen. Derselbe giebt in einem 1890 gehaltenen Vortrage (4.) an, dass er mit den neuen Glasarten Versuche gemacht habe. Die Verminderung des sekundären Spektrums ist ihm immer noch eine grosse Hauptsache, indessen hört man daneben in allgemeinerer Fassung, dass die neuen Gläser auch die Herbeiführung der sphärischen Korrektion schiefer Büschel

*) B. J. A. 1891. 731.

gestatteten. Von Wichtigkeit war es jedenfalls, dass dieser angesehene Vertreter der englischen Optik durch Zusammenstellung von Messungsresultaten alter und neuer Gläser auf die Bedeutung des Neuerreichten aufmerksam machte.

Th. R. Dallmeyer's Teleobjektiv.

Neue Typen sollten aber vor der Hand von dieser Seite noch nicht aufgestellt werden; nach einem Versuch durch Kombination von Spiegelungen und Brechungen (*5.*), was in früher Zeit von R. Hodgson (S. 146) versucht worden war, lichtstarke optische Systeme zu erzielen, erreichte Th. R. Dallmeyer im Herbst 1891 einen grossen Erfolg durch die Zusammenstellung eines Teleobjektivs mit negativer Komponente. Wir hatten schon (S. 114) gesehen, dass eine solche Verbindung bereits 1851 von I. Porro beschrieben war, und auch später noch hatte J. Traill Taylor zu wiederholten Malen auf die Vortheile einer solchen Anordnung hingewiesen. Nun traf es sich günstig, dass gerade in dieser Zeit, wo sich für diesen Typus Interessenten fanden, Th. R. Dallmeyer ihn zuerst wieder verwandte und an die Oeffentlichkeit brachte, und in der nächsten Folgezeit mehr Thatkraft und Fleiss für Ausnutzung und Beschreibung dieses Typus verwandte, als seine Mitbewerber um diese sekundäre Priorität. An anderer Stelle habe ich (*1.* u. *2.*) eingehender die wichtigeren Veröffentlichungen über diesen Gegenstand zusammengestellt.

Wir können uns bei der geringen theoretischen Bedeutung nicht länger bei diesem Punkte aufhalten, doch diente das Teleobjektiv bei dem grossen Interesse, das die Praktiker ihm entgegen brachten, sicherlich dazu, das Ansehen der alten Dallmeyer'schen Anstalt zu heben, obwohl es mit einer Förderung der photographischen Optik nach der theoretischen Seite nur wenig zu thun hat.

Zunahme des Interesses an den astigmatisch korrigirten Systemen.

Inzwischen war aber die Anzahl der anastigmatisch korrigirten Systeme gewachsen und erregte gerade jetzt in England ein beträchtliches Aufsehen. C. P. Goerz hielt im Juni 1893 einen Vortrag vor der *Photographic Society of Great Britain*, und mehr und mehr brach sich die Erkenntniss von den Vorzügen der neuen Anastigmatkonstruktionen Bahn.

Bevor wir aber zu der Besprechung derjenigen Versuche kommen, mit denen die einheimische Optik dem fremden Import entgegenzutreten versuchte, mögen noch einige Bestrebungen hier Erwähnung finden, die sozusagen seitab von den wichtigeren Gebieten auftreten.

Zunächst ist da der Apparat von H. van der Weyde zu erwähnen. Bei demselben wird in den Strahlengang eines photographischen Objektivs entweder objekt- oder bildseitig ein Linsen- oder Prismenkörper eingeschaltet, um durch Ablenkung der Strahlen eine Aenderung in der Abbildung zu erzielen, die dazu dienen soll, Disproportionalitäten hauptsächlich in der Portraitphotographie zu korrigiren. Es muss aber darauf hingewiesen werden, dass die astigmatischen Fehler, welche im allgemeinen bei solchen Zusatzlinsen nicht zu vermeiden sind und nur dann unbemerkt bleiben, wenn die Ablenkung der Strahlen nicht sehr beträchtlich ist, bei der Behandlung des Problems durch H. van der Weyde keinerlei Beachtung gefunden haben.

H. van der Weyde's Korrektorlinsen.

Eine bemerkenswerthe theoretische Untersuchung, soweit die Ziele in Betracht kommen, lieferte J. E. A. Steggall in dem Versuch, diejenige Grösse der Blende zu bestimmen, bei der für ein gegebenes Plattenformat noch keine Abblendung durch die Linsenfassung eintritt. Leider ist aber auch hier die Voraussetzung gemacht, dass die einzelnen achromatischen Linsenkombinationen, wie sie beispielsweise bei der Bildung eines symmetrischen Doublets vorkommen, als dünne Linsen an dem Orte des doppelten Hauptpunktes angesehen werden können, und infolgedessen sind seine Resultate auf Linsen in Menisken-Form nicht mehr anwendbar.

J. E. A. Steggall's Arbeit über die Abblendung durch den Linsenrand.

Schon etwas früher, nämlich im Herbst 1893 war ein englisches Patent auf ein Triplet nachgesucht worden, das für unser Ziel von Wichtigkeit ist. Nachsucher war Harold Dennis Taylor (*1.*), *Optical Manager* der Firma T. Cooke & Sons in Bishopshill, York, der sich schon einige Jahre früher durch theoretische Untersuchungen auf dem Gebiete der Fernrohroptik ausgezeichnet hatte.

H. Dennis Taylor's Dreilinsenobjektiv.

In der Patentschrift 22 607[93] beschreibt er einen neuen Objektivtypus, ein Triplet, in dem die mittlere — einfache oder zusammengesetzte — Zerstreuungslinse nicht nur chromatische und sphärische Korrektionen, sondern auch Hebung des Astigmatismus und der Bildfeldkrümmung herbeiführen sollte. Der Gedanke, der ihn bei der Konstruktion leitete, war der, eine Einzellinse derartig zu konstruiren, dass sie möglichst für ihre ganze Oeffnung von Koma frei sei, aber im übrigen die von fernen Punkten ausgehenden meridionalen und sagittalen Büschel in zwei verschiedenen Bildflächen zur Vereinigung brächte. Eine negative Linse gleicher Brennweite sei fernerhin gleichfalls von Koma befreit, und so beschaffen, dass sie eine nahe Objektebene in zwei virtuelle astigmatische Bildflächen abbilde, die die gleiche Krümmung und Lage zu einander hätten, wie die oben erwähnten Bildflächen der positiven Linse. Stellt man nun die beiden Linsen in die richtige Entfernung, sodass die entsprechenden Bildflächen zusammenfallen, so wird die Kombination das ferne Objekt in der Objektebene der negativen Linse ohne Astigmatismus abbilden.

Ein solches Doublet lässt sich aber für nahe Objekte nicht verwenden, und aus diesem Grunde wendet H. D. Taylor ein aus zwei dieser Doublets zusammengesetztes Doppelobjektiv an, das zu einem Triplet wird, wenn man die beiden Negativlinsen mit einander vereinigt. Ein solches Objektiv ist dann für Reproduktionen in gleicher Grösse korrigirt, lässt sich aber auch noch für weit entfernte Gegenstände verwenden. In dem Patentanspruch findet sich nicht nur die bildebenende Funktion der Negativlinse erwähnt, sondern es wird auch bemerkt, dass die Relation der negativen zu den positiven Brenn-

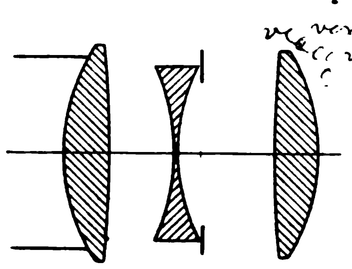


Fig. 94, s. Taf. I.
H. D. Taylor: Portraitobjektiv.
Quelle: H. D. Taylor. *1.*
Reducirt auf $f_D = 100$ mm.
Durchgerechnet für 1 : 4 und $\omega = 13^\circ$.
Radien r_ν, Dicken d_ν und Abstände b_ν in Millimetern auf der Axe gemessen.

$r_1 = 26.4$
$d_1 = 5.9$
$r_2 = 150.7$
$b_1 = 10.9$
$r_3 = 29.8$
$d_2 = 0.2$
$r_4 = 24.2$
b_2[1]) $= 8.1$
b_3[1]) $= 9.4$
$r_5 = 150.7$
$d_3 = 5.9$
$r_6 = 26.4$

Glasarten n_D.
$L_1 = L_3 = 1.5108$
$L_2 = 1.6042$

[1]) Blendenabstände nach der Figur bestimmt; angegeben findet sich nur ihre Summe, d. h. der Abstand zwischen L_2 und L_3.

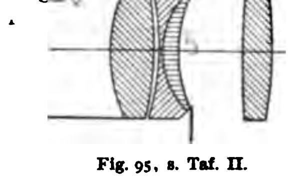


Fig. 95, s. Taf. II.
H. D. Taylor: *Cooke lens*, ältere Form.
Quelle: H. D. Taylor. *1.*
Reducirt auf $f_D = 100$ mm.
Durchgerechnet für 1 : 5.7 und $\omega = 27\,^1/_2{}^\circ$
Radien r_ν, Dicken d_ν und Entfernungen b_ν in Millimetern auf der Axe gemessen.

$r_1 = 20.7$
$d_1 = 5.8$
$r_2 = 44.7$
$b_1 = 0.8$
$r_3 = 33.4$
$d_2 = 0.4$
$r_4 = 11.0$
$d_3 = 2.1$
$r_5 = 18.3$
b_2[1]) $= 1.9$
$b_3 = 6.7$
$r_6 = 121.5$
$d_4 = 3.8$
$r_7 = 56.1$

Glasarten n_D.
$L_1 = L_4 = 1.5101$
$L_2 = 1.5365$
$L_3 = 1.6110$

[1]) Blendenabstände nach der Figur bestimmt; angegeben findet sich nur ihre Summe, d. h. der Abstand zwischen L_3 und L_4.

weiten eine ganz bestimmte sein müsse *„while the focal power of the negative „lens is made as closely equal to the combined focal powers of the two positive „lenses as is found necessary to the complete flattening of the final image or field „of view“*. Hieraus, wie aus anderen Stellen der Patentschrift, scheint hervorzugehen, dass H. D. Taylor Kenntniss von einer dem Petzval'schen Gesetze analogen Beziehung besass.

Der im Herbst 1894 vor der *Royal Photographic Society* gehaltene Vortrag (*2.*) wird durch die Kenntniss der kurz vorher veröffentlichten Patentschrift klarer, giebt indessen auch einige Erweiterungen. So äusserte sich H. D. Taylor dahin, dass sein Prin-

cip auch die Herstellung einer Linse aus den alten Glasarten mit anastigmatisch geebnetem Bildfeld gestatte, eine Angabe, die, wie schon J. R. GOTZ andeutete, praktisch nicht bewiesen wurde. In der That sind, soweit ich mit der Litteratur dieser Zeit bekannt bin, Objektive dieses Typus nur mit neuen Glasarten herausgebracht worden. Am nächsten stehen den alten Gläsern noch die Materialien des Portraitobjektivs der Patentschrift.

Was dieses angeht, so ist dasselbe für eine Oeffnung von 1 : 4.2 sphärisch streng für Schnitt- und Brennweiten korrigirt, wobei der Zónenbètrag etwa — 0.7 mm ist.

Die astigmatischen Differenzen sind für ganz kleine Winkel sehr gering, für grössere tritt eine nach dem Objektiv zu konkave Krümmung des Bildfeldes ein. Bei etwa 13° Neigungswinkel beträgt die astigmatische Differenz ungefähr 3 mm.

Soweit mir bekannt, ist diese Form nicht in den Handel gebracht worden.

Das zweite für grössere Winkel bestimmte Objektiv enthält direkt das schwere Barium-Crown als einen Bestandtheil der verkitteten Mittellinse.

Die sphärische Korrektion im engeren Sinne würde für eine noch grössere Oeffnung als 1 : 5.7 herbeigeführt sein, wobei nur kleine Zonen im Maximalbetrage von etwa — 0.4 mm auftreten würden. Die Abweichungen der Brennweiten haben dagegen keine Korrektion erfahren.

Der Zustand des Astigmatismus ist dagegen ein befriedigender, insofern, als für einen Neigungswinkel von etwa 26° der Astigmatismus gehoben ist und nur eine Abweichung von — 1 mm bestehen bleibt.

Vereinfachung des Typus.

Verhältnissmässig bald, im Frühjahr 1895, hören wir durch einen Aufsatz von H. D. TAYLOR (*3.*) von einer Vereinfachung des Typus, indem auch die zerstreuende Mittellinse nur aus einer Glasart hergestellt wird. Diese Aenderung bezog sich auf zwei Serien mit den Oeffnungsverhältnissen 1 : 5.65 mit einem Bildwinkel von 52 bis 60° und 1 : 8 mit einem solchen von 64 bis 68°.

Nähere Angaben sind uns aus seinen späteren Patentschriften (*4.*) bekannt geworden.

In demselben werden die äusseren Linsen, jedenfalls aber diejenige mit stärkster Sammelwirkung, welche gewöhnlich an erster Stelle steht, aus hoch brechendem Crown angefertigt, während der Brechungsexponent der mittleren Zerstreuungslinse niedriger ist. Dieselbe wird in der Regel aus leichtem Silikat-Flint hergestellt.

Die Korrektion der sphärischen Längsaberrationen ist für die Brenn- sowohl als die Schnittweiten für eine Oeffnung von 1 : 9.4 herbeigeführt mit einem Zonenbetrage von nur — 0.2 mm.

Die astigmatischen Differenzen wachsen stetig an und erreichen bei einer Neigung von etwa 30° einen Betrag von ungefähr 3 mm. Indessen ist die

Bildebenung im übertragenen Sinne eine gute und lässt eine befriedigende Vertheilung der astigmatischen Abweichungen erkennen.

In neuester Zeit — 1898 — ist noch eine weitere Neuerung insofern zu verzeichnen, als ein Portraitobjektiv von demselben

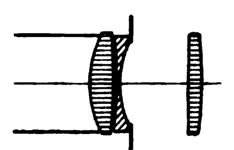


Fig. 96, s. Taf. II.
H. D. TAYLOR: *Cooke lens*, neuere Form.
Quelle: H. D. TAYLOR. *4.*

Reducirt auf $f_D = 100$ mm.
Durchgerechnet für 1 : 7.7 und $\omega = 30^0$.
Radien r_ν, Dicken d_ν und Entfernungen b_ν in Millimetern auf der Axe gemessen.

$r_1 =$ 14.6		$r_4 =$ 13.3	
	$d_1 =$ 2.99		b_2[1]) = *1.4*
$r_2 =$ 101.3			b_3 = *7.55*
	$b_1 =$ 0.38	$r_5 =$ 1012.0 konvex	
$r_3 =$ 55.9			$d_3 =$ 1.83
	$d_2 =$ 0.46	$r_6 =$ 69.8	

Glasarten n_D.
$L_1 = L_3 = 1.61140$
$L_2 = 1.54820$

[1]) Blendenabstände nach der Figur bestimmt; angegeben findet sich nur ihre Summe, d. h. der Abstand zwischen L_2 und L_3.

vereinfachten Typus angeboten wird; es ist mir indessen vorläufig noch nicht gelungen, Daten über dasselbe in der Litteratur aufzufinden.

Umgestaltung der *Cooke lens* in ein Satzobjektiv.

Im Anfange des Jahres 1899 hat H. D. TAYLOR (*5.*) ein englisches Patent auf eine Modifikation erhalten, welche der *Cooke lens* einige Eigenschaften eines Satzobjektivs verleiht.

Zu diesem Zwecke wird die Hinterlinse entfernt und durch eine andere ersetzt, welche, selbst von anderer Brennweite, der neuen Kombination ebenfalls eine andere Brennweite verleiht. Um nun die Achromasie der neu geschaffenen Kombination nicht zu stören, wird für die Zusatzlinsen Glas so ausgewählt, dass die relativen Dispersionen angenähert variiren wie die Brennweiten der Zusatzlinsen. In dem Patent wird weiter bemerkt, dass die Auswechselung der verschiedenen Hinterlinsen sowohl durch Aus- und Einschrauben geschehen kann, als durch Anordnung derselben auf eine rotirende Scheibe oder einen Metallschieber.

Es wird dem Leser klar sein, dass wir hier eine Aufnahme der FURNELL'schen Idee (s. S. 228) sehen, die durch die oben geschilderte Achromatisirungsbedingung vervollständigt ist.

Einführung des Objektivs als *Cooke lens*.

Was nun die fabrikmässige Herstellung dieses Objektivs betrifft, so scheint die Firma T. COOKE & SONS dieselbe gleich von Anfang an nicht übernommen zu haben. Vielmehr bemerkte schon gelegentlich der ersten Vorführung dieses Typus vor der Photo-

graphischen Gesellschaft WILLIAM TAYLOR von der Firma TAYLOR, TAYLOR, & HOBSON, dass diese Vorkehrungen getroffen habe, die Fabrikation des besprochenen Typus zu übernehmen. Etwa ein Jahr darauf, im Herbst 1895, hören wir durch eine Veröffentlichung der Firma TAYLOR, TAYLOR, & HOBSON, dass sie in die Fabrikation eingetreten sei und das neue Objektiv unter der Bezeichnung *The Cooke Lens*, Oeffnung 1 : 6.5 herausbrächte. Merkwürdigerweise ist aber dieses Objektiv noch nicht von der einfachen Konstruktion, die von H. D. TAYLOR im März desselben Jahres beschrieben worden war. Es ist mir unbekannt, wann diese Vereinfachung zur Einführung gelangte, sicher ist jedenfalls, dass der einfache Typus sich in den die Anzeigen begleitenden Skizzen fand, als die fabricirende Firma Licenznehmer in Deutschland suchte. Es gelang ihr im Jahre 1897 solche zu finden, als die VOIGTLÄNDER'sche Anstalt kurz vor ihren Uebergang aus dem Privatbesitz in den einer Aktiengesellschaft die Fabrikation dieser Linsen in Deutschland übernahm und dieselben unter dem Namen der VOIGTLÄNDER'schen Triple-Anastigmate einführte. Ob sich auch der Typus hier mit dem Namen geändert hat, ist nach den Aussagen von D. KAEMPFER*) nicht zu entscheiden, doch ist es vielleicht unnöthig, auf dieselben ein allzu grosses Gewicht zu legen, da H. D. TAYLOR**) selbst in einer meines Wissens unwidersprochen gebliebenen Behauptung ziemlich kategorisch die Beibehaltung seiner Daten auch in Braunschweig betont hat.

Auch nach Frankreich wurde eine Fabrikationslicenz für die *Cooke lens* vergeben und zwar an die Pariser Firma BALBRECK, AINÉ & FILS.

H. L. ALDIS' *stigmatic lens.*

Die eben geschilderten Erfolge H. D. TAYLOR's und der ausführenden Firma machten, hervorgehoben durch eine in hohem Maasse übertreibende Reklame der letzteren, ein beträchtliches Aufsehen in England, und es währte nur kurze Zeit, bis eine andere englische Firma ebenfalls ein neues astigmatisch korrigirtes Objektiv herausbrachte.

Diese Firma war die J. H. DALLMEYER's, welche wohl 1892***) in eine Aktiengesellschaft umgewandelt war und von TH. R. DALLMEYER geleitet wurde. Wir haben schon vorher darauf hingewiesen, wie die geschickte und thatkräftige Ausnutzung der Teleobjektiv-

*) Ph. C. 1898. **35.** No. 451. 178.

) B. J. 1898. **45. No. 1989. 399—400.

***) Siehe die verschiedenen Anzeigen B. J. A. für 1892 und 1893.

konstruktionen das etwas gesunkene Ansehen dieser Firma gehoben hatte, und jetzt erscheint diese Anstalt mit einem Objektiv neuer Konstruktion, d. h. mit anastigmatischer Ebenung, der *stigmatic lens.* Dieselbe ist durch den hier uns bekannt werdenden wissenschaftlichen Mitarbeiter der HUGH LANCELOT ALDIS berechnet und wurde von diesem auch (*2.*) im Januar 1896 der *Royal Photographic Society* vorgeführt; im voraufgegangenen Herbste hatte er (*1.*) auf sein Objektiv ein englisches Patent genommen.

Theoretische Grundlage.

Die theoretische Erkenntniss, die wir diesem Autor nach der angegebenen Quelle zuschreiben müssen, ist, wenn man von den elementaren Grundlagen absieht, die in der Einleitung vorgetragen werden, im wesentlichen im Folgenden enthalten.

Unter der Annahme, dass die beiden astigmatischen Flächen Kugelflächen vom Radius R_1, R_2 sind, sind die Radien selbst und ihre reciproken Werthe $\varrho_1 = \frac{1}{R_1}$, $\varrho_2 = \frac{1}{R_2}$, die Krümmungen, ausser von der Zusammensetzung des optischen Systems abhängig von der Objektentfernung und dem Blendenorte. Dagegen lässt sich zeigen, dass die Gleichung besteht

$$\varrho_1 - 3\,\varrho_2 = U$$

wobei U unabhängig ist nicht nur von Blendenort und Objektentfernung, sondern auch von Dicken und Abständen, sodass

$$U = f_{\nu,\varkappa}(r_\nu, n_\varkappa)$$

als astigmatische Konstante bezeichnet werden kann. Dieselbe wird auch von H. L. ALDIS in derselben Weise wie von G. B. AIRY (s. S. 91—92) und von J. PETZVAL sowie von L. SEIDEL gefunden, nämlich $U = \sum_n \frac{n-1}{n}\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right)$.

H. L. ALDIS bringt aber insofern etwas Neues hinzu, als er den Ausdruck $\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} = 2\,t$ setzt, wo t die Differenz zwischen der Axendicke einer Linse und der Dicke in der Höhe 1 ist. Diese approximativ geltende Beziehung lässt sich auf Grund des Eingriffes von C. BECK in die Diskussion, wie folgt, ableiten. Streng ist t unter Berücksichtigung der Vorzeichen der Radien:

$$t = r_1 - r_2 - \left[\sqrt{r_1^2 - 1} - \sqrt{r_2^2 - 1}\right];$$

entwickelt man die Klammern nach dem binomischen Satz und berücksichtigt nur die beiden ersten Glieder, so erhält man

$$t \text{ appr.} = \frac{1}{2}\left\{\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right\}.$$

Besteht also

$$\varrho_1 - 3\,\varrho_2 \text{ appr.} = 2\sum_n \frac{n-1}{n}\,t,$$

so kann man die beiden astigmatischen Flächen offenbar durch die Erfüllung der Gleichung

$$U \text{ appr.} = 2\sum_n \frac{n-1}{n}\,t = 0$$

zum Zusammenfallen bringen, während die Erfüllung der Bedingung $\varrho_1 = 0$ die anastigmatische Ebenheit des Bildfeldes herbeiführt. Dass die Linsendicken eine beträchtliche Rolle bei der anastigmatischen Bildebenung spielen. folgert H. L. Aldis nun nicht aus der Gleichung für U, sondern er macht darauf aufmerksam, dass die Linsendicken und Entfernungen zwar nicht die astigmatische Konstante, wohl aber die Brennweite der Linse ändern, sodass dadurch eine Reihe von Konstruktionsmöglichkeiten, deren er drei aufführt, gegeben seien. Der Bedeutung der neuen Gläser für die anastigmatische Bildfeldebenung wird auch Erwähnung gethan, doch wird ihre unbedingte Wichtigkeit nicht hervorgehoben. Die Anzahl der Gleichungen, welche zur Berechnung einer Linse nothwendig seien, giebt H. L. Aldis auf acht an, und zwar sind das im einzelnen:

1. Sphärische Korrektion,
2. Korrektion der Koma,
3. Hebung der Bildfeldkrümmung im Meridionalschnitt $[\varrho_1 = 0]$,
4. Hebung der Verzeichnung,
5. Hebung des Astigmatismus $[U = 0]$,

6., 7., 8. Herbeiführung vollständiger Achromasie.

Der Vorgang bei der Konstruktion eines neuen Objektives ist nun nach unserm Autor der, dass die Lösungen der acht Gleichungssysteme gesucht werden.

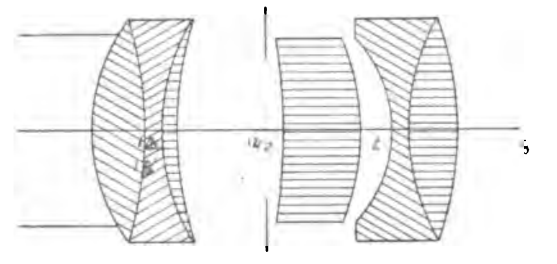


Fig. 97.
H. L. Aldis: *Stigmatic lens*
Quelle: Angabe des Verfassers.
Reducirt auf $f_D = 100$ mm.
Relative Oeffnung 1 : 4.0:
(Konstruktionsdaten nicht publicirt.)

Eingehendere Kenntnisse über den Zusammenhang der einzelnen Fehlerkoefficienten auf Grund der Entwicklung der Formeln erhalten wir aus der vorliegenden Arbeit nicht.

Das erste Objektiv, welches von H. L. Aldis konstruirt wurde, besass die grosse relative Oeffnung 1 : 4 und wurde für Portraitaufnahmen vorgeschlagen.

Die hier wiedergegebene Zeichnung stimmt mit den Illustrationen überein, die von der Dallmeyer'schen Werkstätte veröffentlicht wurden. Von der Mittheilung der Radien, Entfernungen und Brechungsexponenten muss ich, obwohl die Resultate interessant genug wären, absehen, da ich in den Besitz der Unterlagen nur im Verlaufe eines Patentstreites gelangt bin, die Daten aber bisher nicht veröffentlicht worden sind.

Zweite Form der *stigmatic lens.*

Unter Benutzung dieses Typus wird etwas mehr als ein Jahr später eine zweite *stigmatic*-Serie in den Handel gebracht, welche im März 1897 von TH. R. DALLMEYER (*6.*) der *Royal Photographic Society* vorgeführt wird. Dieselbe ist mit der geringeren Oeffnung 1:6 ausgeführt und wird als zonenfrei beschrieben, da die Einstellungsdifferenz fehle. Ihre beiden Hälften, die eine mit zwei, die andere mit vier reflektirenden Flächen, können für sich als Landschaftslinsen Verwendung finden, eine Einrichtung, die der *stigmatic lens* Eigenschaften eines Satzobjektivs verleiht. Allerdings ist infolge der Asymmetrie der Komponenten eine unbegrenzte Kombinirbarkeit nicht vorhanden, und anderseits besitzen die Einzellinsen nicht die geringstmögliche Anzahl reflektirender Flächen.

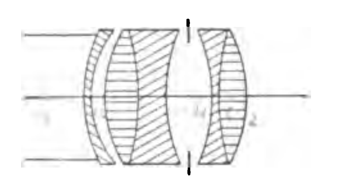


Fig. 98.
H. L. ALDIS: *Stigmatic lens.* Serie II.
Quelle: H. L. ALDIS. *1.*
Relative Oeffnung 1:6.

Dieses Objektiv ist hier aus dem Grunde einer Besprechung nicht unterzogen, weil allem Anschein nach 1897 eine spätere Form eingeführt wurde. Ich habe nicht finden können, dass das Beispiel No. 3 der englischen Patentschrift ganz zu der hier gegebenen Beschreibung passe und habe daher lieber die Aufführung der Resultate dieses Typus unterlassen.

TH. R. DALLMEYER's korrigirende Negativlinse.

Zu gleicher Zeit brachte TH. R. DALLMEYER (*6.*) auch eine Einrichtung zur Kenntniss der Gesellschaft, welche die Bildfeldkrümmung des PETZVAL'schen Portraitobjektivs verbessern sollte. Hier wird hinter das PETZVAL'sche Portraitobjektiv eine achromatische Negativlinse geschoben, welche bildebnend wirken soll. Die Idee ist wohl nicht wesentlich von der S. 226 allgemein skizzirten J. A. KNAPP's verschieden.

Die TURNER & REICH'sche Einzellinse aus fünf Bestandtheilen.

Aus dem Arbeitsgebiete der amerikanischen Optik scheint noch eine Einzellinse erwähnenswerth, welche aus fünf Einzelbestandtheilen zusammengekittet ist und unter dem Namen der *Turner & Reich lens**) bekannt wurde. Eine Quellenangabe anzuführen bin ich ausser Stande, die hier citirte Nachricht stammt aus zweiter Hand. Aller Wahrscheinlichkeit nach geschah die Publikation dieses Typus im Frühjahr 1895, und zwar nennt unsere Referenz den Optiker E. GUNDLACH als den vermuthlichen Verfertiger der Kombination. Wir sehen in dem Vorschlage die Anwendung des RUDOLPH'schen, später zu besprechenden Princips von der gegensätzlichen Abstufung der Brechungsexponenten.

---

*) B. J. A. 1897. 629—630.

Rückblick auf die Entwicklung der englischen Optik.

Die in dem Beispiel angegebenen Brechungsexponenten sind auf zwei Decimalen abgerundet, also sicher nur schematische Werthe. Von der Mittheilung der Rechnungsresultate, die keinen besonders guten Korrektionszustand zeigen, habe ich aus diesem Grunde abgesehen.

Ueberblicken wir nun den im Gebiete der englischen Photo-Optik zurückgelegten Weg, so lassen sich deutlich zwei verschiedene Perioden reger Thätigkeit, aber wesentlich verschiedenen Charakters unterscheiden, die durch einen Zeitraum der Ruhe, ja der Stagnation getrennt sind. Die erste Periode steht unter dem Doppelzeichen der von A. Ross begründeten, von Th. Ross und besonders J. H. Dallmeyer sorgfältig erhaltenen Höhe technischer Fertigkeit einerseits, und des lebendigen Zusammenwirkens geistreicher Liebhaber andererseits. Die Verbreitung des Interesses an optischen Fragen unter den photographischen Amateuren ist sehr merkwürdig und findet sich so zu keiner Zeit und in keinem Lande wieder. Ohne weiteren Beruf in der Optik, als ihr brennendes Interesse, meist ohne einen andern Lohn, als die Lösung der sie interessirenden Fragen, arbeitet eine Reihe von Amateuren, unter ihnen auch regsame Fachleute wie J. T. Goddard, an der Schaffung des verzeichnungsfreien Weitwinkelobjektivs. Ungehindert von den Scheuklappen einer missverstandenen Theorie gelingt hier die Lösung eines Theils der gestellten Aufgabe in glänzender Weise, aber auch die Mängel dieser Arbeitsmethode treten klar zu Tage. Die gewonnenen Resultate, verstreut und verzettelt in Fachzeitschriften, geraten sehr bald in Vergessenheit, und das allgemeine Interesse an der Optik erlahmt rasch. Der ganzen Bewegung mangelt die Stetigkeit, und sie ermattet, sobald die dringendsten Bedürfnisse befriedigt sind. Als nun auch der rührigste Fachmann in seinen Bemühungen um die Verbreitung optischer Informationen nachlässt, da sticht die Zeit der 70er und 80er Jahre traurig ab gegen die vorhergehenden Jahrzehnte.

Diese Ruhepause fällt mit der Zeit zusammen, wo die alten Glasarten in den Aplanatkonstruktionen eine Verwendung gefunden hatten, die — soweit Universalobjektive in Frage kamen — mit dem alten Material nicht wesentlich zu übertreffen waren. Dies ist auch der Grund, weshalb sich die theoretische Ueberlegenheit der deutschen Optik nicht früher geltend machte.

Ein schon im Anfang der 80er Jahre gemachter Versuch, die deutsche rechnende Optik nach England zu verpflanzen, zeitigt ausser der theoretisch interessanten *concentric lens* keinen wesentlich

neuen Typus, und so steht im Anfang der durch die neuen Glasarten ermöglichten Periode die englische, wesentlich praktische Optik der deutschen Theoretik hilflos gegenüber. Die Nothwehr zwingt die optischen Firmen dazu, rechnerische Beihilfe zu suchen, und sehr rasch finden sich auch befähigte Theoretiker. Da die einfachen Doublettypen mit der Mindestzahl reflektirender Flächen für die neuen Konstruktionen durch Patente geschützt sind, so greift die englische Optik auf das nationale Triplet zurück und schafft hier unter sorgfältiger Benutzung der neuen Mittel originale Typen von beachtenswerthen Leistungen.

D. Die deutsch-österreichische Optik.

1. J. Petzval und seine Zeit.

a. Die ersten Vorgänge auf photographischem Gebiete in Deutschland und Vorbereitungen auf J. Petzval.

Die DAGUERRE'sche Entdeckung, welche ihren Resultaten nach durch D. F. J. ARAGO in der Sitzung der französischen Akademie vom 7. Jan. 1839 veröffentlicht wurde, machte begreiflicher Weise in der ganzen gebildeten Welt grosses Aufsehen. Dasselbe war natürlich in den Kreisen am stärksten, welche mit den Erfindern selbst in naher Berührung standen, zunächst also in Frankreich und in England. Wurde doch in letzterem Lande die Priorität der Versuche F. TALBOT's in Frage gestellt, und es erhöhte dieser Umstand durch Anregung des nationalen Empfindens naturgemäss noch das Interesse an dem wissenschaftlichen Fortschritt. Aber auch in Deutschland blieb man nicht weit zurück.

Photographisches Verfahren von FR. VON KOBELL und C. A. STEINHEIL.

Hier nahmen zunächst in München FR. VON KOBELL und C. A. STEINHEIL auf die ersten Mittheilungen der blossen Resultate aus Frankreich und England Versuche in dieser Richtung auf, und gelangten zu den Ergebnissen, welche sie in der Sitzung der bayerischen Akademie vom 13. April 1839 vorlegten.

Die Aufnahmen geschahen auf nassem Papier, und man bediente sich dazu eines aus einem Theaterglase Galileischer Konstruktion entnommenen Objektivs. Dasselbe hatte einen Durchmesser d = 54 mm (2″)*) und f = 135 mm

*) Siehe die Anmerkung auf S. 88.

(5″), arbeitete mithin mit einem Oeffnungsverhältniss von 1 : 2.5. Da konnte natürlich das brauchbare Bildfeld nur einen sehr geringen Umfang haben, und dies lässt sich in der That auch aus der Konstruktion der Kamera erkennen. Dieselbe war einem Fernrohr nicht unähnlich, denn sie bestand aus einem cylindrischen, innen geschwärzten und mit Blenden versehenen Papprohr, an dessen einem Ende die zwischen zwei Glimmerblättchen gelegte lichtempfindliche Schicht angebracht wurde, während das andere das behufs Einstellung verschiebbare Objektiv trug. Die ganze Anordnung scheint im wesentlichen zu Landschaftsaufnahmen verwandt worden zu sein, und dabei wird ausdrücklich die Beobachtung mitgetheilt, dass das grüne Licht eine im Verhältniss zu andern Farben viel geringere Wirkung zeige. Das Vorhandensein der Fokusdifferenz entgeht diesen guten Beobachtern, jedenfalls deswegen weil das Objektiv schon achromatisirt war — wenn auch nur optisch — und an und für sich eine nur kurze Brennweite besass.

Die Ergebnisse dieser beiden Forscher sind um so bemerkenswerther, als zu so früher Zeit ausser den Erfindern selbst und ihrem nächsten Kreise wohl noch niemand photographische Aufnahmen gemacht hatte.

Interesse für Portrait-aufnahmen.

Auch in anderen Gebieten deutscher Zunge zeigte sich ein lebhaftes Interesse an der neuen Kunst, welche ganz nach französischen Vorschriften geübt wurde.*) Mit denselben Schwierigkeiten wie im Mutterlande hatte man natürlich auch hier beim Portraitiren zu kämpfen, langte dazu doch eben die geringe Oeffnung 1 : 14 der französischen Landschaftslinsen nicht aus. Am unermüdlichsten scheint die Portraitaufnahmen der Maler .. ISENRING in St. Gallen betrieben zu haben, der seine Erfahrungen darüber in einer besonderen Schrift veröffentlichte, die mir indessen nicht zugänglich gewesen ist.

An die Optiker wurde vielfach das Verlangen gestellt, Objektive mit grösserer Lichtstärke zu schaffen, doch beschränkten sich dieselben auf die freilich bequemere Nachahmung der CHEVALIER'schen Form, wie wir das durch J. M. EDER**) von dem Wiener Optiker S. PLÖSSL hören.

A. VON ETTINGSHAUSEN's Reise nach Paris.

Die Anbahnung eines Fortschrittes sollte von Wien ausgehen. Hier hatte man den Professor der Mathematik und Physik an der Universität A. VON ETTINGSHAUSEN auf Staatskosten nach Paris gesandt, um die Fortschritte der Franzosen in den physikalischen Wissenschaften zu studiren. Er stand in persönlichem Verkehr mit L. DAGUERRE, sowie mit dessen Optiker CH. CHEVALIER, der damals gerade damit beschäftigt war, das von ihm früher kon-

*) Siehe z. B. .. SACHSE, Zur Geschichte der Daguerreotypie in Deutschland. Ph. M. 1889/90. **26.** 150—152; 165—166; 181—184.

**) Gesch. der Photochemie. *142.*

struirte Doppelobjektiv dem Gebrauch an der *Camera obscura* anzupassen. Ob derselbe ihm auch die Satz-Idee mittheilte, ist unklar.*) A. von Ettingshausen war während der Bekanntmachung des Daguerre'schen Verfahrens am 19. August noch gegenwärtig und erlernte die Kunst des Photographirens von dem Erfinder persönlich. Wann er nach Wien zurückkehrte, ist nicht sicher. Dort beschäftigte er sich weiter mit photographischen Aufnahmen und empfand gleichfalls die Lichtschwäche des Chevalier'schen Einzelobjektivs. Es muss nun als ein ausserordentlich glücklicher Gedanke bezeichnet werden, dass er zu dieser Zeit, wie es scheint 1839, seinen Kollegen J. Petzval zur Berechnung eines neuen lichtstärkeren, im besonderen zu Landschaftsaufnahmen bestimmten Objektives aufforderte. Dabei wird er ihm jedenfalls auch die Erinnerung mitgetheilt haben, die er von dem Chevalier'schen Mittheilungen noch hatte.

b. J. Petzval's Neuerungen am photographischen Apparat.

J. Petzval's Leben.

Joseph Petzval [* 6. Januar 1807, † 17. Sept. 1891] war am 6. Januar 1807 in Bela in Ungarn geboren und wurde nach einer Studienzeit an der Pester Universität ebendaselbst 1832 suplirender, 1835 wirklicher Professor der höheren Mathematik, 1836 erhielt er einen Ruf nach Wien, wo er die vorher von A. von Ettingshausen besetzte Stelle bekleidete.

Berührung mit Fr. Voigtländer.

Er nahm sich der neuen, ihm von seinem ebengenannten Kollegen nahe gelegten Aufgabe mit dem grössten Eifer an. Sehr bald stellte es sich aber heraus, dass er ohne genauere Kenntniss der Brechungsexponenten und Dispersionen der zur Verfügung stehenden Glassorten nicht weiter kommen konnte. Es ist nun nicht mehr festzustellen, warum er nicht unter Benutzung der von J. Fraunhofer längst veröffentlichten Methode solche Bestimmungen selbst vornahm, oder die von diesem angegebenen Werthe benutzte. Genug, er that es nicht, sondern wandte sich in dieser Angelegen-

---

*) Die österreichischen Schriften geben wenig über die Vorgeschichte, und auch Ch. Chevalier (3.) äussert in seiner gleichzeitigen Darstellung nur: *„dès „l'année 1839 j'avais démontré à M. Ettinghausen (de Vienne) tous les avantages „que l'on peut retirer de l'emploi de plusieurs verres achromatiques pour diminuer „l'aberration de sphéricité dans les instruments d'optique.“* Wenn man nun auch den später zu erwähnenden Petzval'schen Satz aller Wahrscheinlichkeit nach als selbständig wird hinstellen müssen, so ist sicher für die Publikation der Satzidee Ch. Chevalier als der Erste anzusehen.

heit an FR. VOIGTLÄNDER*), einen Wiener Optiker, der durch A. VON ETTINGSHAUSEN ihm sehr empfohlen war. Dieser lieferte ihm die nach dem FRAUNHOFER'schen Verfahren bestimmten optischen Konstanten, bei denen aber die aktinisch wirksamen Strahlen gar nicht berücksichtigt waren.

PETZVAL's Satz.

Der von J. PETZVAL verfolgte Plan hat nun auch die Schaffung eines Satzes zum Ziel, und zwar scheint die Satz-Idee J. PETZVAL sich aus seiner Theorie der optischen Instrumente ergeben zu haben, er fasste nämlich die beiden hinteren Ergänzungslinsen 2 und 3 der Vorderlinse 1 als Okulare zum Objektiv auf. Es stellt sich damit als durchaus glaublich heraus, dass er, ohne von CH. CHEVALIER beeinflusst zu sein, von selbst auf das gleiche Princip gekommen

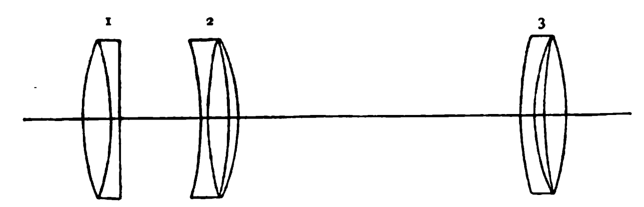


Fig. 99.
J. PETZVAL's Satz nach FR. VOIGTLÄNDER. *S. 98.*
1 und 2 bilden das Landschaftsobjektiv (Orthoskop).
1 und 3 bilden das Portraitobjektiv.

ist; dafür spricht auch der äusserliche Umstand, dass CH. CHEVALIER die vorderen, J. PETZVAL die hinteren (Okular-) Linsen wechselte. An der Berechtigung des CHEVALIER'schen Prioritätsanspruches ändert das natürlich nichts, da wir diesen nach der ersten Publikation entscheiden müssen.

Die später zu besprechenden Rechnungen ergaben die erwähnten drei Linsensysteme 1, 2, 3, die sich zu zwei verschiedenen Doppelobjektiven zusammensetzen liessen, welche verschiedene Brennweiten bei gleichem Durchmesser aufwiesen. Diese Rechenarbeit wurde mit einer derartigen Geschwindigkeit gefördert,

---

*) Die Quellen der vorliegenden Darstellung sind in erster Linie J. PETZVAL's eigene Veröffentlichungen, die bisher für seine Biographie nicht erschöpfend benutzt wurden; ausserdem die „December 1858“ von FR. VOIGTLÄNDER (*S.*) herausgegebene Sammlung der Korrespondenz betreffend das Landschaftsobjektiv. Was die Thatsachen anbelangt, so lassen sich beide Quellen in eine recht befriedigende Uebereinstimmung bringen, besonders wenn man bedenkt, dass fast alle Publikationen J. PETZVAL's und sämmtliche FR. VOIGTLÄNDER's die Zeit ihres Zusammenwirkens erst nach Ablauf von 16 bis 18 Jahren behandeln.



Fig. 100, s. Taf. I.

J. PETZVAL: Portraitobjektiv.

Quelle für Radien: FR. VOIGTLÄNDER. *3. 98.*
Quelle für Linsenabstand: J. PETZVAL. *6. 54.*
Quelle für Glasmaterial: J. M. EDER. *1. 115.*
Quelle für Blendenabstand: B. S. F. 1858. *4. 237.*

Reducirt auf $f_D = 100$ mm.
Durchgerechnet für 1 : 3.4 und $\omega = 12^0$.
Radien r_ν, Dicken d_ν und Entfernungen b_ν in Millimetern auf der Axe gemessen.

$r_1 = 52.9$
d_1[1]) = 5.8
$r_2 = 41.4$
d_2[1]) = 1.5
$r_3 = 436.2$
$b_1 = b_2 = 23.3$
$r_4 = 104.8$
d_3[1]) = 2.2
$r_5 = 36.8$
b_3[1]) = 0.7
$r_6 = 45.5$
d_4[1]) = 3.6
$r_7 = 149.5$

Glasarten n_D.
$L_1 = L_4 = 1.517$
$L_2 = L_3 = 1.575$

[1]) Willkürlich angenommen.

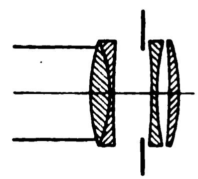


Fig. 101, s. Taf. II.

J. PETZVAL: Landschaftsobjektiv. 1. Form.

Quelle für Radien: FR. VOIGTLÄNDER. *3. 98.*
Quelle für Glasarten: J. M. EDER. *1. 115.*
Quelle für Abstand der Linsen: FR. VOIGTLÄNDER. *3. 103.*

Reducirt auf $f_D = 100$ mm.
Durchgerechnet für 1 : 8.1.
Radien r_ν, Dicke d_ν und Entfernungen b_ν in Millimetern auf der Axe gemessen.

$r_1 = 22.5$
d_1[1]) = 2.5
$r_2 = 17.6$
d_2[1]) = 0.6
$r_3 = 185.7$
b_1[1]) = 3.7
b_2[1]) = 1.2
$r_4 = 53.5$
d_3[1]) = 0.6
$r_5 = 31.5$
b_3[1]) = 1.6
$r_6 = 78.2$
d_4[1]) = 1.2
$r_7 = 22.8$

Glasarten n_D.
$L_1 = L_3 = 1.517$
$L_2 = L_4 = 1.575$

[1]) Willkürlich angenommen.

dass jene Typen schon Mitte 1840 vollendet waren. Die Ausführung übergab J. PETZVAL, wie es natürlich war, an FR. VOIGTLÄNDER, ohne indessen über sein Eigenthumsrecht an der Konstruktion irgend einen Vertrag mit dem ausführenden Optiker abzuschliessen; denn er dachte wohl von dem wissenschaftlichen Werthe seiner Arbeit hoch, konnte sich aber über die kommerzielle Bedeutung derselben naturgemäss kein Urtheil bilden.

Die Ausführung der durch Rechnung gefundenen Typen ging schnell von statten, so dass bereits im Herbst 1840 Probeaufnahmen gemacht werden konnten. Von den drei Einzellinsen, die auf dem FR. VOIGTLÄNDER übergebenen Blatte angegeben waren, erschien No. 2 mit zwei verschiedenen Radienkombinationen; sonst war die Anordnung so getroffen, dass die aus den Linsen 1 und 3 gebildete Kombination das PETZVAL'sche Portraitobjektiv ergab, während die Kombination 1 und 2 das Landschaftsobjektiv J. PETZVAL's (nach FR. VOIGTLÄNDER das Orthoscop) wurde.

Prüfung der Objektive.

Nur für das erstere fiel die durch AN. MARTIN vorgenommene praktische Prüfung günstig aus, das letztere wurde zurückgelegt, da es für Landschaften benutzt zu kleine Objekte lieferte — die Aequivalentbrennweite von f = 352 mm (13″) wurde also bei der Prüfung für zu kurz gehalten — und keinen Einstellungsspielraum bot — es wurde nämlich nach FR. VOIGTLÄNDER's Erklärung ohne jede Blende, also mit der ganzen 1 : 8 betragenden Oeffnung benutzt. J. PETZVAL selbst war mit der Leistung dieser Kombination gar nicht zufrieden, und so stellte man sie vorläufig zurück. Es wurde übrigens gleich bei den ersten Proben das Vorhandensein von Fokusdifferenz bemerkt, und zwar waren die ersten Objektive chromatisch überkorrigirt.

Interesse in Wien.

Es wurde noch vor Schluss des Jahres 1840 das Portraitobjektiv bekannt gegeben und in Tageszeitungen davon gesprochen. Das Interesse war, zunächst in Wien, ungemein lebendig; A. VON ETTINGSHAUSEN liess es sich nicht nehmen, im niederösterreichischen Gewerbeverein über die auf seine Anregung hin gemachte Erfindung zu berichten, JOSEPH BERRES, der (*1.*) durch Versuche, Daguerreotypplatten mittels Aetzung für den Druck verwendbar zu machen, bereits bekannt geworden war, sorgte (*2.*) für Verbreitung dieser Kunde in der auswärtigen Presse, selbst der Hof nahm einen derartig lebhaften Antheil an der neuen Erfindung, dass J. PETZVAL durch den Erzherzog Ludwig, den derzeitigen General-Artillerie-Direktor, zehn im Rechnen geübte Artilleristen auf unbestimmte Zeit zur Verfügung gestellt wurden.

Voigtländer-sche Kamera.

Das Objektiv wurde mit der Voigtländer'schen Kamera herausgegeben; diese ist dem Princip nach der von Kobell-Steinheil'schen durchaus ähnlich; auch sie hat feste Hinterwand an einem, zwar nicht mehr cylindrisch, aber doch nur erst schwach

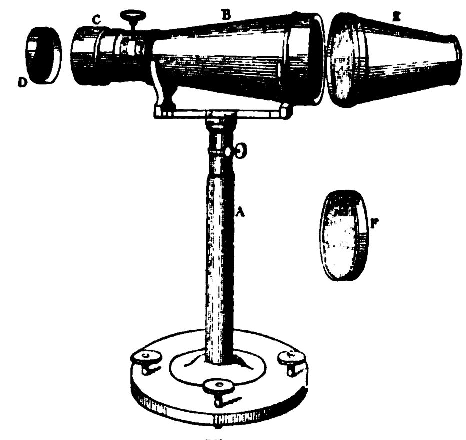


Fig. 102.
Erste Voigtländer'sche Kamera für das Portraitobjektiv nach Ch. Chevalier. *4.* Fig. 16.

konisch gestalteten Rohr, an dessen engerem Ende das zwecks Einstellung mit Zahn und Trieb versehene Objektiv sich befand. An der Rückseite, der Mattscheibe gegenüber, befand sich, durch einen Metallkonus mit dem Kamerakörper verbunden, eine Einstell-Lupe.

Das Portrait-objektiv.

Das erste Objektiv hatte bei einer Aequivalentbrennweite f = 149 mm ($5^1/_2''$) einen Linsendurchmesser d = 40.6 mm ($18'''$) der vorderen und 42.9 mm ($19'''$) der hinteren Linse. Als Oeffnungsverhältniss ergiebt sich demnach 1 : 3.7. Was die Gesichtswinkel anlangt, so giebt J. Petzval (*6. 57.*) selbst für die — allerdings mit gleichen Vorder- und Hinterlinsen versehenen — Portraitobjektive folgende Zahlen an: 10 Grad haben die volle Apertur von 1 : 3.7; zwischen 10 und 31 Grad nimmt dieselbe auf etwas mehr als die Hälfte ab, also auf etwa 1 : 8, bei einer Ausdehnung des Gesichtsfeldes von 50 Grad ist sie schon = 0. Die diesen Winkeln entsprechenden Bildkreisdurchmesser sind also beziehentlich = 26, 83, 139 mm (1, 3, 5″).

Es sind das die unter dem Namen „Anderthalbzöller" bekannt gewordenen Objektive, denn es wurde der Bezeichnung die für die photographische Bilderzeugung unwichtigere Linsenöffnung, nicht,

wie rationell gewesen wäre, die Aequivalentbrennweite zu Grunde gelegt.

Was den Korrektionszustand dieses Objektivs angeht, so ist derselbe auch dann, wenn bei der Annahme der Ausgangswerthe Irrthümer untergelaufen wären, als ganz hervorragend anzusehen. Selbst bei der gewaltigen Oeffnung von 1 : 3.4 ist das Maximum der Tiefenaberration nur etwa — 0.21 mm auf 100 mm, während die Brennweiten allerdings keine vollkommene Konstanz zeigen. Deren Werthe lassen eine mit wachsender Höhe allerdings geringer werdende Abnahme erkennen, die für Randstrahlen einen Betrag von ziemlich 0.6 mm erreicht hat. Es sei aber bemerkt, dass diese Zahlen für blaues und violettes Licht günstiger ausfallen würden (s. S. 66).

Die Korrektion der schiefen Büschel zeigte ein Streben nach angenäherter Bildebenung, die für einen Bildwinkel von etwas mehr als 12° für die sagittalen Büschel fast ganz erreicht ist. Die meridionalen Schnittpunkte entfernen sich weiter und weiter vom Objektiv, sodass für die grösste Axenneigung in der zu Grunde gelegten Rechnung die astigmatische Differenz etwa 3.4 mm beträgt.

Dass die aus der Rechnung sich ergebende relative Oeffnung von 1 : 3.4 mit der nach den alten Angaben zu 1 : 3.7 berechneten nicht völlig übereinstimmt, mag zum Theil seinen Grund in der Unsicherheit der Daten haben; möglicherweise ist damals die Bestimmung der Aequivalentbrennweite auch nicht mit der äussersten Genauigkeit vorgenommen: für die Beurtheilung des Typus ist diese Abweichung keinenfalls störend-

Es sei hierzu bemerkt, dass schon bei den ersten Proben in der VOIGTLÄNDER'schen Werkstätte die Beobachtung gemacht wurde, dass der Zustand der schiefen Büschel sich besserte, wenn die Hinterlinsen weiter getrennt wurden. Infolgedessen gab man die Objektive abweichend von dem Rechnungsergebniss mit einem die beiden Bestandtheile der Hinterkombination trennenden Ringe heraus.

Die Rechnungen, die ich hierzu anstellen liess, haben dieses Ergebniss durchaus bestätigt. Während eine solche Trennung für das axenparallele Büschel nahezu wirkungslos ist — infolge der Wirkung der dritten, zerstreuenden Linse verlaufen die Strahlen desselben im Luftzwischenraum fast parallel — ist die Wirkung der Trennung auf Astigmatismus und Bildfeldebenung eine sehr merkliche. Beide Kurven bekommen eine Verschiebung nach links, und zwar ist die der meridionalen Büschel (die der gestrichelten Kurve) eine weitaus beträchtlichere.

Man kann also nach Belieben, von dem hier geschilderten Korrektionstypus ausgehend, entweder die Bildfeldebenung im übertragenen Sinne für einen vorgeschriebenen Bildwinkel erreichen, oder sein Augenmerk nur auf die Korrektion des Astigmatismus richten, wobei dann allerdings die Einführung negativer Bildkrümmung bei diesem Typus unausweichlich ist.*)

---

*) Während der Vorbereitung des Druckes erschien eine Mittheilung J. M. EDER's (6.) hinsichtlich der Daten des ersten Portraitobjektivs nach J. PETZVAL.

Die Radien sind von R. STEINHEIL gemessen und stimmen für die ersten drei Linsen bis auf unwesentliche Abweichungen überein; die Radienwerthe

In der durch Fr. Voigtländer (1.) gegebenen Beschreibung finden wir auch schon die ersten praktischen Regeln für Portraitaufnahmen: die Mattscheibe solle stets in eine, dem Kopfe parallele Lage gebracht werden, da sonst Verzerrung einträte, auch dürfe man nicht näher als bis auf 1 m (3′) an die aufzunehmende Person herangehen.

Export nach Frankreich.

Anfang 1841 wurden nun Probebilder und ganze Apparate nach auswärts versandt, auch nach Frankreich, wo sie im Laufe noch dieses Jahres Anlass zu dem Prioritätsstreit Ch. Chevalier — J. Petzval gaben. Man muss sich gegenwärtig halten, dass damals der Petzval'sche Satz noch garnicht bekannt war, so dass der französische Optiker nur auf die Eigenschaft des Portraitobjektivs zurückgehen konnte, ein Doppelobjektiv zu sein, worin er unbestritten die Priorität hatte, und es liess sich auch ein innerer Zusammenhang wahrscheinlich machen. Völlig entgangen scheint es ihm aber zu sein, dass hier zum ersten Mal ein theoretisch vorausberechnetes Kameraobjektiv vorlag — also gerade der Punkt, auf den es ankam — und dass das vorzügliche Resultat die gewaltige Ueberlegenheit der rechnenden über die tatonnirende Optik glänzend erwies.

Das letztere betonte auch J. Reindl in seiner Streitschrift und stellte sich damit auf einen durchaus richtigen, allerdings sehr chauvinistisch vertretenen Standpunkt.

Fabrikation der Dreizöller und der geschäftliche Erfolg.

Bei dieser Gelegenheit zeigte er auch die 1842 neu herausgegebene Voigtländer'sche Kamera an, welche für ein sonst gleiches, nur die doppelten Ausmaasse zeigendes Portraitobjektiv konstruirt war. Dieselbe wich in der Form von der ersten wesentlich ab und näherte sich in der Kastenform dem Apparate A. P. de Séguier's,

---

der vierten Linse sind nicht unbeträchtlich grösser (5.2 und 1.7 %) als die im vorhergehenden angeführten. Sehr beträchtlich weicht der grosse Linsenabstand ab, der in dem ersten Objektiv viel kleiner erscheint, als der von mir angenommene Werth. Die beiden letzten Linsen zeigen schon die erwähnte, auf Grund von Experimenten vorgenommene Trennung. Die bedeutendste Abweichung liegt aber in den Glasarten, deren nach dieser Ausserung vier verwandt waren; allerdings legt der Verfasser den Brechungsexponenten kein grosses Gewicht bei. Es ist sehr zu bedauern, dass nicht eine Gewichtsbestimmung für jede der einzelnen Linsen vorgenommen wurde, weil man auf Grund des specifischen Gewichts aus der Reihe der alten Glasarten wahrscheinlich mit genügender Genauigkeit die hier benutzten hätte ermitteln können.

Eine mit den veränderten Abständen aber unter Beibehaltung der Glasarten vorgenommene Durchrechnung zeigt einen noch etwas günstigeren Zustand der sphärischen Korrektion, als in dem von mir angenommenen Fall. Die astigmatischen Abweichungen habe ich aber nicht näher untersucht.

mit dem sie auch die Eigenthümlichkeit theilte, Raum für die Fortbringung der nöthigen Chemikalien zu gewähren; einen Balgauszug hatte sie noch nicht.

Was das Objektiv anlangt, so hatte dasselbe 80.1 mm ($35^1/_2'''$) freie Oeffnung bei 298 mm (11″) Brennweite, also auch ein Oeffnungsverhältniss 1 : 3.7, und das dafür bestimmte Plattenformat war 12×15 cm² ($4^1/_4 \times 5^1/_2''$). In der Diagonale wurde demnach ungefähr das Gesichtsfeld, welches noch mit der Hälfte der Apertur ausgezeichnet wurde, benutzt. Ausserdem, erwähnte J. Reindl, sei eine Einrichtung getroffen, an der Sonnenblende ein Diaphragma anzubringen, welches eine grosse Schärfe, die noch besser sei, als bei den französischen Einzelobjektiven, über das ganze Bildfeld verbreite. Die Oeffnung dieser Vorderblende betrug 21.7 mm (9.6‴), bewirkte also eine relative Oeffnung von 1 : 13.7 und stand in guter Uebereinstimmung mit der bei der Chevalier'schen Landschaftslinse üblichen Abblendung. Derselbe Autor bemerkt den Zustand der chromatischen Ueberkorrektion des Portraitobjektivs, den wir hier zuerst konstatirt finden, und erkannte, dass der Betrag der Fokusdifferenz abhängig sei von der Objektentfernung.

Für die Ausbreitung des Interesses speciell an der Portraitphotographie in Wien war von Bedeutung, dass nach J. Berres (*3.*) und J. Reindl durch . . Kratochwila und die Gebrüder . . Natterer wichtige Fortschritte auch im chemischen Verfahren gemacht worden waren.

Ueber den beispiellosen Erfolg der Petzval'schen Objektive und ihre Beherrschung des Marktes war schon gelegentlich der fremdländischen Industrie gesprochen, und es ist erfreulich zu sehen, dass auch im Auslande die Ueberlegenheit der Wiener Objektive anerkannt wurde.

Misshelligkeiten zwischen J. Petzval und Fr. Voigtländer.

Es lässt sich verstehen, dass dieser Handelserfolg, der, wie erwähnt, von J. Petzval in keiner Weise vorausgesehen wurde, sein Einvernehmen mit seinem ausführenden Optiker, der durch keinen Vertrag an ihn gebunden war, beeinflusste. Der drohende Bruch wurde durch Fr. Voigtländer noch hinausgeschoben und zwar durch die, wie es scheint, unwiederholt gebliebene Zahlung von 2000 fl. (3500—4000 Mark).

Ausser den beiden schon erwähnten Objektiven lieferte J. Petzval noch ein anderes schnell wirkendes Objektiv, einen Nebelbilderapparat und die in England wohlbekannten Theatergläser mit achromatischen Okularen.*) Die beiden erstaufgeführten Konstruk-

*) Siehe Fr. Voigtländer *3. 29.*

tionen scheinen bis auf die allgemeinen Umrisse verschollen zu sein, dagegen lässt sich die Herausgabe der Theatergläser nach Fr. Voigtländer's (2.) Inseraten mit Sicherheit auf das Frühjahr 1844 verlegen. Der Bruch scheint sehr bald nach der Mittheilung dieser Daten erfolgt zu sein, etwa 1843. Im Anfang dieses Jahres wurde nämlich der erste Bericht J. Petzval's herausgegeben, bei dessen Erscheinen beide Männer noch zusammen wirkten. Im Jahre 1844 ist der Bruch nach Fr. Voigtländer's Angaben schon erfolgt.

Der Bruch.

Ueber die Veranlassung zu demselben wissen wir wenig, sie scheint wesentlich persönlicher Natur zu sein. Etwas besser sind wir hinsichtlich der Art des Zusammenarbeitens beider Männer unterrichtet. Ueber die Beschaffung der Brechungsexponenten für den optischen Theil des Spektrums ist schon oben gesprochen; es wird erwähnt, dass Fr. Voigtländer auch bei anderen technischen Aufgaben J. Petzval unterstützte. Auf diesen seinen nur sehr bescheidenen Antheil an den wissenschaftlichen Arbeiten J. Petzval's, ist aber kaum so grosses Gewicht zu legen, als auf die Thatsache, dass bei der Doppelleitung durch J. Petzval und Fr. Voigtländer eine Arbeitstheilung schon durchgeführt war, deren Vortheile E. Abbe an anderer Stelle einmal klar hervorgehoben hat. Die Vereinigung der theoretisch-mathematischen Vorbildung J. Petzval's, der sich ohne jede Frage für die Behandlung von Problemen der rechnenden Optik in hervorragender Weise eignete, mit der ebenfalls sehr bemerkenswerthen technischen Schulung und Beanlagung Fr. Voigtländer's musste Resultate zeitigen, die thurmhoch über den Leistungen fremdländischer Optiker standen, welche, wenn auch vielleicht den letzteren erreichend, doch nicht entfernt die wissenschaftlichen Funktionen des ersteren auszuüben im Stande waren.

Man kann sich lebhaften Bedauerns nicht erwehren, wenn man an die Erfolge denkt, die beide durch weiteres Zusammenarbeiten nach menschlichem Urtheil hätten erringen müssen; war doch die eine jetzt unausgeführt gebliebene Konstruktion, die J. Petzval in der kurzen Zeit seiner intensiven Rechenarbeit gefunden hatte, noch siebzehn Jahre darauf den dasselbe Ziel erstrebenden Konstruktionen so vieler tüchtiger Männer gegenüber lebensfähig. Doch die Geschichte kann sich bei der Betrachtung von Möglichkeiten nicht aufhalten; in der Oberleitung der Wiener optischen Werkstätte konnten Kopf und Hand mit einander nicht auskommen, sie lösten ihre Verbindung und uns fällt die Aufgabe zu, ihnen auf ihren Wegen zu folgen.

Die Episode PETZVAL-WAIBL.

J. PETZVAL unterschätzte jedenfalls den Antheil, den bei der Einführung und Fabrikation des Portraitobjektivs die FR. VOIGTLÄNDER eigene Beherrschung der Technik und wohl auch das kaufmännische Geschick desselben gehabt hatte. Er trat 1844, nachdem Verhandlungen mit einem Verfertiger physikalischer Instrumente sich zerschlagen hatten, mit dem Wiener Optiker WAIBL (WEIBEL?) in Verbindung, mit dem er, nunmehr gewitzigt, einen Vertrag abschloss, um ihr gegenseitiges Verhältniss gerichtlich festzulegen. ... WAIBL konstruirte nach J. PETZVAL's Angaben einen Nebelbilderapparat, der eine weit bessere Ausnutzung der Lichtquelle ergeben sollte; doch war er den Konstruktionsangaben nicht genau genug gefolgt, so dass das Ergebniss wohl ein den gewöhnlichen Projektionsapparaten weit überlegenes war (Lichtausnutzung von 60%), aber doch die theoretisch zu erwartende Vollkommenheit (75%) nicht erreichte. Die WAIBL'sche Werkstätte konnte sich aber nicht halten, und die Verbindung beider Männer wurde wohl noch im selben Jahre wieder gelöst.

J. PETZVAL's Arbeiten auf dem Gebiete der Projektionsapparate und Scheinwerfer. Feinkühlungsversuche.

Die Konstruktion des Nebelbilderapparates nöthigte J. PETZVAL, sich mit der Beleuchtungstheorie eingehend zu beschäftigen, wobei er von den FRESNEL'schen Arbeiten über die Leuchtthürme ausging, aber nicht nur den speciell optischen Theil des Problems studirte, sondern sich auch über die Erzeugung sehr heller Lichtquellen mit den einfachsten Mitteln gründliche Kenntniss verschaffte.

Die Ergebnisse seiner Forschungen theilte er in den Versammlungen der Freunde der Naturwissenschaften mit, wo er (*2.*) z. B. im Jahre 1847 nicht bloss den oben erwähnten Nebelbilderapparat WAIBL'scher Konstruktion vorführte, sondern auch über die Ergebnisse seiner Arbeiten in der rechnenden Optik referirte. Es wird auch gelegentlich der Theorie J. PETZVAL's gezeigt werden können, dass er an der Entwicklung und dem Ausbau seiner Ideen in dieser Zeit arbeitete. Hierher gehört auch wohl der Nebelbilderapparat, von dem uns H. SCHROEDER (*4. 156* und *158.*) Kenntniss giebt, und der dessen volle Bewunderung erregte.

Seine Arbeiten auf dem Gebiete der Beleuchtungstheorie, in denen das Bestreben erkennbar war, den gewünschten Effekt mit den einfachsten Mitteln zu erzielen, lenkten naturgemäss die Aufmerksamkeit artilleristischer Kreise auf ihn, und so sehen wir ihn um diese Zeit im Verkehr mit Officieren des k. k. Bombardier-Corps. Auf deren Anregung hin entwarf er „einen Beleuchtungsapparat in die Ferne zum Gebrauche für Flussdampfschiffe"; doch gelang

es nicht, das Direktorium der Dampfschiffahrtsgesellschaft auch nur zur Prüfung zu veranlassen. Der Plan zu diesem Apparate mag vielversprechend gewesen sein, oder man legte noch mehr Gewicht auf die Person J. PETZVAL's, jedenfalls erhielt er, wahrscheinlich 1854, auf Anregung des Ingenieur-Majors Freiherrn VON EBNER, die Aufforderung von dem Chef des Geniewesens, einen Beleuchtungsapparat zu bauen, der zum Gebrauche der Fussartillerie dienen sollte. Als Aufgabe wurde ihm gestellt, eine Beleuchtung der 2.65 km (1400 Klafter) entfernten Ziele der Mörser zu erstreben. Als nothwendige Bedingung kam hinzu, dass der ganze Apparat leicht transportabel sein sollte. An dieser Arbeit ist J. PETZVAL vermuthlich bis 1857 beschäftigt gewesen, denn die Schwierigkeiten, welche er zu überwinden hatte, waren gross. So bildete die Herstellung von Linsen namhafter Dimensionen ein Hinderniss, über das er sich wie folgt äusserte: „Endlich ist durch die bereitwillige Unterstützung, „welche mir von Seiten des Herrn Porzellan-Fabriksdirectors LÖWE „durch Überlassung eines eigenen Ofens zum sorgfältigen Kühlen „der Linsengläser zu Theil geworden ist, die letzte erhebliche „Schwierigkeit überwunden.“

Verbindung mit C. DIETZLER.

Schon vor dieser Zeit, nämlich vor Mitte Juli 1854, finden wir J. PETZVAL (*3.*) wieder mit einem praktischen Optiker, C. DIETZLER in Wien, in Verbindung, den er sein Portraitobjektiv ausführen liess. Die damals zahlreichste Interessentenklasse, die Portraitphotographen, brauchten keine andere Konstruktion; dagegen waren namentlich in England sehr eifrige Bestrebungen darauf gerichtet, einen für Landschaftsaufnahmen und Reproduktionen besser geeigneten Objektivtypus zu konstruiren.

Herausgabe der Landschaftslinse.

Auch in Oesterreich wurde dieses Bedürfniss wach, und so nahm J. PETZVAL auf Anregung des k. k. (militär-?) geographischen Instituts seine alte Idee des Landschaftsobjektivs wieder auf. Seine inzwischen vermehrte Kenntniss zeigte sich in der bei den Erzeugnissen C. DIETZLER's herbeigeführten optisch-aktinischen Achromasie. Als Anlass zur Bekanntmachung des Landschaftobjektivs wählte er die 1856 in Wien stattfindende 32. Tagung deutscher Naturforscher und Aerzte. Er hatte in seiner Privatwerkstätte einige Exemplare seines Landschaftsobjektivs mit eigenen Händen fertig gemacht und legte dieselben sowie

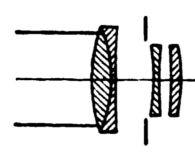


Fig. 103, s. Taf. II.

J. PETZVAL: Landschaftsobjektiv. 2. Form.

Quelle: FR. VOIGTLÄNDER. *3. 103.*

Reducirt auf $f_D = 100$ mm.

Durchgerechnet für 1 : 8.1 und $\omega = 30^0$.

Radien, Dicken und Abstände siehe unter Figur 101; nur L_3 ist umgekehrt.

einige mit ihnen angefertigte Photographien zur Ansicht vor; er nahm auch die bei seinem Vortrage (4.) Anwesenden selbst auf.

Auch nach diesem Erfolge wurden ihm von Seiten des Ministeriums des öffentlichen Unterrichts und der Wiener Akademie



Fig. 104.
J. PETZVAL's Kamera für die Landschaftslinse.
Quelle: J. PETZVAL. *6. 90.*

Rechenkräfte bereitwillig zur Verfügung gestellt, was dann den für die Geschichte dieser Zeit sehr wichtigen Erfolg hatte, ihn zu Berichten über seine Arbeiten zu veranlassen.

J. PETZVAL's Vorgehen regte sofort den inzwischen (1849) nach Braunschweig übergesiedelten FR. VOIGTLÄNDER an, auch seinerseits

auf Grund der Angaben vom Jahre 1840 die Fabrikation des Landschaftsobjektivs aufzunehmen und in einen für J. PETZVAL und C. DIETZLER sehr drückenden Konkurrenzkampf einzutreten. Er führte die Konstruktion unter dem Namen Orthoskop (von ὀρθός *richtig* und σκοπέω *sehen*) ein, und zwang dadurch auch C. DIETZLER, diesen Namen aufzunehmen, trotzdem J. PETZVAL ihn durchaus nicht billigte und in seinen Schriften von seinem Landschaftsobjektiv sprach, welches er am liebsten unter dem Namen „photographischer Dialyt“ eingeführt haben würde.

Das Landschaftsobjektiv (Orthoskop).

Für dieses Objektiv schlug J. PETZVAL eine schon sehr vervollkommnete Balgkamera*) mit Feineinstellung der Mattscheibe und doppelt beweglichem Hinterrahmen vor. Dem Objektive gab er (*7.*) einen variablen Linsenabstand, allerdings nicht, um die Brennweiten variiren zu können, sondern um den Photographen in den Stand zu setzen, ein beliebiges Maass von sphärischer Aberration einzuführen. Zu der gleichen Zeit betonte er auch das Satzprincip sehr deutlich, welches er auch noch in der allerdings etwas ungewöhnlichen Weise erweiterte, dass er eine Einrichtung beigab, welche gestattete, das Landschaftsobjektiv auch als Fernrohrobjektiv zu benutzen.

Was den Korrektionszustand der PETZVAL'schen Landschaftslinse angeht, so sei bemerkt, dass es mir trotz aller Mühe nicht gelungen ist, die endgültigen Angaben aufzufinden.

Hält man sich an die auf dem erwähnten Zettel aufgeführten Daten, so erhält man bei der sphärischen Durchrechnung Daten, die zu dem mit 101 a bezeichneten Kurvensystem führen. Hier herrscht Uebereinstimmung im Gange der Abweichungen sowohl für Schnitt- als Brennweiten, bei beiden aber beträchtliche Unterkorrektion für gelbes Licht.

Die schiefen Büschel zeigen auch bei günstiger Blendenstellung — Blende der Hinterlinse möglichst genähert — ganz ausserordentlich hohe Abweichungen, und zwar sind stets die Schnittweiten der meridionalen beträchtlich länger als die der sagittalen Büschel. Wegen dieser grossen Mängel habe ich von einer Darstellung abgesehen.

Kommt man nun zu der Landschaftslinse von 1856, so sei zunächst auf das von FR. VOIGTLÄNDER (*3. 103.*) mitgetheilte, J. PETZVAL's Unterschrift führende Patent verwiesen. Die Hoffnung, durch die in demselben erwähnte Zeichnung Aufklärung zu erhalten, schlug fehl, denn die in Wien durch einen Patentanwalt angestellten Nachforschungen nach dem Original führten zu dem am 29. Dec. 1898

---

*) Die hier — in Rücksicht auf die von uns angenommene Richtung des Lichts — spiegelverkehrt reproducirte Zeichnung ist von IGNAZ HEGER gefertigt, der wohl mit dem derzeitigen Wiener Professor der mechanischen Technologie indentisch ist.

hierher mitgetheilten Ergebniss, dass ein solches Patent in Wien nicht auffindbar sei.

Ich habe inzwischen ganz zufällig eine Bemerkung*) aufgefunden, aus der hervorgeht, dass das gesuchte Patent am 28. Dec. 1857 an C. DIETZLER ertheilt worden ist, und dass es noch auf das 6. Jahr verlängert wurde. Vielleicht ist jemand anders glücklicher als ich und veröffentlicht den Wortlaut dieses Dokuments *in extenso*, wenn möglich auch die Zeichnung.

Es ist nun ganz eigenthümlich, dass in dem ganzen berüchtigten Streit niemals auf die Angabe Bezug genommen wurde, dass in der Landschaftslinse von 1856 die Krümmungen der negativen Linse gegenüber der alten Form, Fig. 101, umgekehrte Anordnung zeigen.

Eine daraufhin unternommene Durchrechnung ergab Ueberkorrektion der Schnittweiten, Unterkorrektion der Brennweiten, im ganzen für paralleles Licht kleinere Abweichungen. Sie sind im System 103a dargestellt. Die Verfolgung der schiefen Büschel zeigte einen wesentlich verbesserten, aber immer noch ungünstigen Zustand, eine entschieden gegen das Objektiv hin konvexe Bildwölbung. Auch die Verlegung der Blende in das Hinterglied hatte keinen besseren Erfolg. Ich erwähne noch, dass diese Wölbung in direktem Widerspruch steht mit J. PETZVAL's Beschreibung in (*6. 78.*), und ich glaube, wie oben erwähnt, nicht die endgültigen Daten zu besitzen.

Mir scheint es demnach unmöglich, in dem sofort zu besprechenden Orthoskop-Streit zu einer anderen Entscheidung zu kommen als zu einem *non liquet.*

Der Objektivstreit.

Die eigenmächtige Fabrikation durch FR. VOIGTLÄNDER gab nun Anlass zu einer in den Jahren 1857/58 mit grösster Erbitterung und Gehässigkeit in englischen Journalen geführten Fehde, in welcher dieser seine Ausführungsberechtigung damit begründete, dass er die gleiche Konstruktion schon 1840 ausgeführt und damit Eigenthumsrecht an ihr erworben habe. J. PETZVAL muss es entschwunden sein, dass er thatsächlich die ersten Konstruktionsdaten auch dieses Objektivs an FR. VOIGTLÄNDER gegeben hatte; er hätte sich schwerlich sonst auf den Standpunkt gestellt, die Richtigkeit dieser Behauptung seines Gegners zu bestreiten.

Die in den Bereich des Persönlichen fallenden Liebenswürdigkeiten, welche sich beide Gegner sagen oder zu verstehen geben, berühren uns hier glücklicher Weise gar nicht. Die Objektivangelegenheit bleibt aber, wie wir sahen, noch ungeklärt und kann nicht ohne weiteres gegen J. PETZVAL vorgebracht werden, denn

*) Kr. Z. 1863. 7. 72.

wir kennen vor der Hand die Konstruktionseinzelheiten des PETZVAL'schen Landschaftsobjektivs von 1856 durchaus nicht genau.

Ein anderer Vorwurf wird von FR. VOIGTLÄNDER erhoben: J. PETZVAL habe überhaupt seit der kurzen Zeit seines Zusammenwirkens mit ihm nichts weiter optisch geleistet. Diese geradezu ungeheuerliche Behauptung lässt sich nur aus der mangelnden Information FR. VOIGTLÄNDER's erklären. Der Erkenntnisszuwachs, den J. PETZVAL in der Zwischenzeit besonders auf dem Gebiete des Mikroskops, der Projektions- und Beleuchtungsapparate sich erwarb, war und blieb ein solcher der Theorie. Banausisch aber würde es sein, die geistige Arbeit einzig und allein nach dem in Baarwerth auszudrückenden Ergebniss abschätzen zu wollen.

Wenn wir auch die Wirkung des Objektivstreites auf Aussenstehende nicht im einzelnen beurtheilen können, so scheint doch durch den Ausgang desselben J. PETZVAL's Stellung in Wien nicht weiter erschüttert worden zu sein. Wenigstens finden wir ihn*) in dem provisorischen Komitee, das der Gründung der Wiener photographischen Gesellschaft voranging, und er erschien auch als Kandidat für das Amt des Vorsitzenden (Vorstandes) der neugegründeten Gesellschaft; indessen lehnte er die Wahl ab. Im Vorstandskomitee wird er aber noch eine Zeit lang aufgeführt.

Die Verbindung mit C. DIETZLER war von längerer Dauer. Sie wurde später gelöst, weil, nach J. M. EDER (*1. 42.*), jener die Ausführung der Objektive nicht gründlich genug überwachte. Tief verstimmt über das Misslingen seines dritten Versuchs zog sich J. PETZVAL nunmehr ganz von seiner Arbeit an der rechnenden Optik zurück und wandte sich andern Gebieten der angewandten Mathematik zu.

J. PETZVAL's Lebensende.

In seinen Universitätsvorlesungen hat er wohl auch optische Themata behandelt; doch scheint es ausserordentlich unwahrscheinlich, anzunehmen, er habe über ein so specielles Gebiet, wie optische Konstruktionen, gelesen. Das würde auch ganz und gar seinem Zug zur Versteckheit, der in seinen Schriften sehr deutlich bemerkbar ist, widersprechen. In diesen Schriften ist nur ein Ueberblick über seine Theorie enthalten, der in späterer Zeit Ausgangspunkt für manche Verbesserungsbestrebungen geworden ist.

Von den letzten Lebensjahren J. PETZVAL's wissen wir so gut wie nichts. Seine Stellung, die seinen grossen wissenschaftlichen Verdiensten so gar nicht entsprach, erregte bei Unbetheiligten eine

*) Kr. Z. 1861. **3.** 137—139.

Empfindung der Beschämung. So berichtet FR. LUCKHARDT*) — auf dessen ansprechende Bemühungen die 1877 erfolgte Ernennung J. PETZVAL's zum Ehrenmitglied der Wiener photographischen Gesellschaft zurückzuführen zu sein scheint — dass D. VAN MONCKHOVEN sich mit J. H. DALLMEYER in Verbindung setzte, um ein Ehrengeschenk für den Erfinder des Portraitobjektives zu stiften. Woran dieser Plan scheiterte, ist nicht mehr zu erkennen. Jedenfalls blieb J. PETZVAL in seiner Einsamkeit verbittert und abgewandt von allen Vorgängen der photographischen Optik; er starb am 17. Sept. 1891 zu Wien.

c. J. Petzval's optische Theorie.

Der Stand der rechnenden Optik vor J. PETZVAL.

Eine richtige Würdigung der bedeutenden Verdienste dieses Mannes wird man nur dann erhalten, wenn man auf den Stand der theoretischen, speciell der rechnenden Optik vor 1840 eingeht, wie es J. PETZVAL in (*1. 6—9.*) thut und zwar von dem neu von ihm gewonnenen Standpunkte aus.

Man betrachtete einen auf die Linse im Axenabstand x auffallenden axenparallelen Strahl, und entwickelte dessen Schnittweite s in eine Reihe:

$$s = A + Bx^2 + Cx^4 + Dx^6 + \dots$$

Hier machte man den Koefficienten des Gliedes niedrigsten Grades in x — also B — gleich Null und hatte dann, für genügend kleine x-Werthe eine Schnittweite s, welche sich nur um Grössen 4. Ordnung von einer Konstanten unterschied. Für Punkte ausserhalb der Axe galt allerdings diese Ueberlegung nicht mehr, und man war nicht berechtigt, sich mit dem ersten Gliede als Annäherung zu begnügen. Diesem Umstande Rechnung tragend, rechneten einzelne Optiker trigonometrisch Systeme durch und suchten durch kleine Aenderungen der Radien die Fehler auszugleichen, was aber nur bis zu einem gewissen Grade möglich ist, denn bei grossem Gesichtsfelde treten astigmatische Fehler auf.

Dem gegenüber machte J. PETZVAL darauf aufmerksam, dass jene ganze Theorie nur auf Instrumente anwendbar sei, welche gestatten, sich auf axennahe Punkte zu beschränken. Bei der Forderung grossen Gesichtsfeldes versagt sie vollkommen, und nöthigt den Praktiker zur Anwendung von Diaphragmen; dadurch „erzeugte er wirklich ein leidlich gutes Bild, dem es jedoch sehr an „Lichtstärke fehlte, und das auch hinsichtlich anderer Eigenschaften, wie Ge„sichtsfeld und Ähnlichkeit mit dem Objecte, oder perspectivische Richtigkeit, „noch viel zu wünschen übrig liess". (*1. 8.*)

J. PETZVAL ist nun hierin den Zeitgenossen weit voraus. Es wird in dem Nachfolgenden der Versuch gemacht, seine Ansichten darzustellen, wie sie sich aus der Gesammtheit seiner Schriften ergeben; erst nachträglich werden wir kurz auf die Entwicklungsgeschichte zu sprechen kommen. Alles, was sich hat über seine Theorie des photographischen Objektivs ermitteln lassen, lässt sich in drei Gruppen einordnen, die Fehlertheorie, die Bestimmung des Gesichtsfeldes und Mittheilung von Sätzen allgemeiner Gültigkeit.

*) Ph. C. 1891. 28. Nr. 374. 534.

a. Die Fehlertheorie.

Das gesammte Gebiet derselben zerfällt ihm in drei Haupttheile, deren erster und zweiter der geometrischen, deren letzter der physischen Theorie angehört. Auch viel später hat man die Eintheilung durch keine andere ersetzen können. Die drei Theile sind die Theorien der sphärischen, der chromatischen und der Beugungs-Aberrationen.

I. Die Theorie der sphärischen Aberrationen.

Die erstere umfasst alle die Bildfehler, welche bei monochromatischem Lichte auftreten und auf die Gestalt der Flächen zurückzuführen sind. Da nun die Verwendung ausschliesslich sphärischer Flächen alles das erreichen lässt, was durch die Einführung beliebiger Rotationsflächen bewirkt werden kann, so werden nur Kugelflächen verwandt und die bei ihrer Benutzung sich ergebenden Abweichungen „sphärische“ Aberrationen genannt.

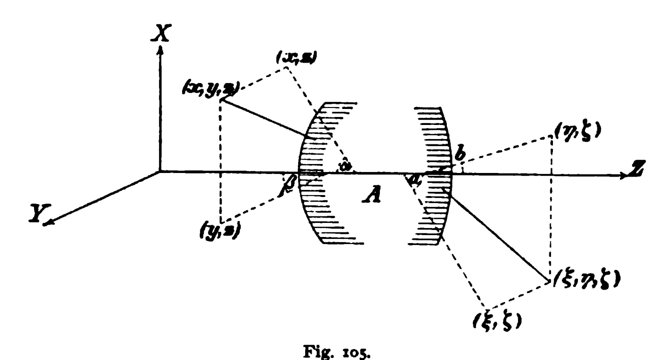


Fig. 105.
Darstellung eines das System A passirenden Strahles beliebiger Lage.

Ein sonst beliebig, aber centrirt angenommenes optisches System A bestimmt durch die Richtung seiner Axe eine gewisse Grade im Raume, die wir als Z-Axe eines Koordinatensystems annehmen. Die X- und Y-Axe werden rechtwinklig diese und einander schneidend, im übrigen aber willkürlich angenommen.

Es seien nun die Koordinaten der Punkte des Objektraumes mit (x, y, z), die des Bildraumes mit (ξ, η, ζ) bezeichnet. Ein beliebiger durch (x, y, z) gehender Strahl werde auf die XZ- und die YZ-Ebene projicirt, die Projektionen, wenn nöthg, bis zum Schnitte der Z-Axe verlängert und die mit dieser gebildeten Winkel mit α und β bezeichnet. Macht man nun die entsprechende Konstruktion für den durch (ξ, η, ζ) gehenden austretenden Strahl und wählt für die entsprechenden Winkel die Bezeichnung a, b, so kann man zeigen, dass zwischen den Grössen (x, y, α, β) einerseits und (ξ, η, a, b) andererseits gewisse Beziehungen bestehen:

$$(1) \qquad \begin{aligned} \xi &= \varphi_1(x, y, \alpha, \beta) \\ \eta &= \varphi_2(x, y, \alpha, \beta) \\ a &= \varphi_3(x, y, \alpha, \beta) \\ b &= \varphi_4(x, y, \alpha, \beta) \end{aligned}$$

Nimmt man nun irgend einen andern (x, y, z) und A passirenden Strahl an, so sind an Stelle von α und β einzuführen $\alpha + \triangle \alpha$ und $\beta + \triangle \beta$. Die Substitution dieser Grössen in das Gleichungssystem (1) ergiebt im allgemeinen nicht blos die entsprechenden $a + \triangle a$ und $b + \triangle b$, sondern auch $\xi + \triangle \xi$ und $\eta + \triangle \eta$, d. h., im allgemeinen wird ein beliebiges System A ein monocentrisches Büschel nicht wieder in ein monocentrisches abbilden.

Sind nun die Grössen $\triangle \xi$ und $\triangle \eta$ mit x, y, α, β verglichen von der m ten Ordnung, so wird der Punkt (ξ, η, ζ) ein Bild des Punktes (x, y, z) von der m ten Ordnung genannt.

Entwickelt man die Funktionen (1) $\varphi_{\varkappa}$ ($\varkappa = 1 \,..\, 4$) in Reihen, fortschreitend nach den Argumenten, so ist leicht einzusehen, dass dieselben nur nach ungraden Potenzen fortschreiten können, da ξ, η, a, b nur das Zeichen, nicht den numerischen Betrag ändern, wenn (x, y, α, β) in (— x, — y, — α, — β) übergehen, wegen der Symmetrie um die Z-Axe.

Dasselbe, was von der Reihenentwicklung der Funktionswerthe ξ, η selbst gilt, gilt auch von der ihrer Differenzen $\triangle \xi$ und $\triangle \eta$; auch diese sind, nach Potenzen von (x, y, α, β) entwickelt, durch Glieder nur ungraden Grades gebildet.

Aus dem Vorstehenden folgt, dass man die Bedingungsgleichungen für das Zustandekommen der Bilder 5, 7, . . . m ter Ordnung dadurch zu bilden hat, dass man in den Reihenentwicklungen von $\varphi_{\varkappa}$ ($\varkappa = 1 \,..\, 4$) die Koefficienten der Glieder 3, 5 . . . m—2 ten Grades zum Verschwinden bringt. Diese Koefficienten sind im einzelnen nun nicht unabhängig von einander; so sind beispielsweise die Werthe für ξ und η einander ganz ähnlich und ihre Koefficienten gleich, sodass ein Verschwinden des einen auch ein Nullwerden des andern nach sich ziehen würde, und gleiches gilt für a und b.

Das Nullsetzen der Koefficienten, welche bei der ausschliesslichen Verwendung sphärischer Flächen auftreten, ergiebt nun

für Glieder 3. Grades 5 Gleichungen
„ „ 5. „ 12 „
„ „ 7. „ 20 „

Nun bedingen ja die Dimensionen des Systems die im übrigen willkürliche Bestimmung der Brennweite durch eine Maassstabsgleichung. Man müsste also, um ein Bild von der 5. Ordnung zu erhalten, hiernach erfüllen:

5 Fehler- und 1 Maassstabsgleichung; für eines 7. Ordnung:
5 + 12 „ „ 1 „ s. w. f.

Weiter als zu einem Bilde von der 7. Ordnung wird man im allgemeinen nicht gehen, da sich ausser der ungemein grossen Mühe der Berechnung auch die Ausführungsschwierigkeiten steigern, die Vervollkommnung selbst aber schliesslich nicht mehr wahrgenommen werden könnte. Doch ist trotz alledem die Entwicklung der Bedingungen für ein Bild von der 9. Ordnung insofern von grossem Nutzen, als man für die noch zu besprechende Ausgleichungstheorie einen Anhalt gewinnt, ob man nicht mit Aufwand der gleichen optischen Mittel noch erheblich mehr leisten könne.

Die Koefficienten der ersten Gruppe der übrig bleibenden Abweichungen bestimmen natürlich die Fehler des optischen Systems, und diese Fehler sind solche der Schärfe, der Krümmung des Bildfeldes und der Verzeichnung.

II. Die Theorie der chromatischen Aberrationen und der Fehlerausgleichung.

Die Bedingungen für die chromatische Korrektion erhält man aus den für monochromatisches Licht geltenden, indem man die dafür bestehenden Ausdrücke nach n differentiirt. Es hat das die Bildung neuer Gleichungen zur Folge, die für die Achromasie zu erfüllen sind, und zwar kommen

bei Bildern 5. Ordnung 2,
„ „ 7. „ 9

„chromatische" Gleichungen hinzu.

Da nun die für photographische Systeme geltende Achromatisirung eine andere ist, als die bei oculistischen Systemen, insofern als es sich der Einstellungsschwierigkeiten wegen nicht empfiehlt, das aktinisch beste Bild zu Stande kommen zu lassen, so muss bei der Achromatisirung ein gewisser Kompromiss geschlossen werden.

Es handelt sich nämlich darum, das optische und das aktinische Bild an die gleiche Stelle des Raumes fallen zu lassen. Zu diesem Zwecke vereinigt man die äussersten rothen und violetten Strahlen; dann bleibt natürlich ein beträchtliches sekundäres Spektrum übrig, aber die Brennweite für gelbes — optisch wirksames — Licht wird nahezu gleich sein der für die aktinisch wirksamen violetten Strahlen.

Die Erfüllung dieser 8, bezw. 27 aus der Nullsetzung der Koefficienten der Glieder 3. bezw. 3. und 5. Grades fliessenden Gleichungen durch geeignete Radien und Abstände ist aber nur erst die Vorrechnung; denn man kann sicherlich mit dem Aufwande der gleichen optischen Mittel noch bessere Resultate erzielen.

Giebt man nämlich den Koefficienten der Glieder 3. und 5. Grades kleine, von Null sehr wenig verschiedene Werthe, so wird man es im allgemeinen so einrichten können, dass der Betrag der Glieder 7. Grades, welcher bei der Nullsetzung jener Koefficienten stets mit voller Grösse ins Gewicht fällt, mehr oder minder reducirt wird, sodass das Bild einen wesentlich höheren Charakter als den 7. Ordnung erhält. Sieht man nun sich nach einer Ausgleichungsmethode um, so ist die Methode der kleinsten Quadrate hier aus dem Grunde nicht anwendbar, weil die verschiedenen Fehler durchaus ungleichartige sind; merklich bessere Resultate wird die Methode geben, bei welcher die Abweichungen von beiden Seiten des wahren Werthes gleichweit und um eine kleine Grösse abstehen. Dieselbe wird mit dem Namen „Methode der numerisch-gleichen Maxima und Minima" bezeichnet. Berücksichtigt werden dabei für ein Bild $m$ter Ordnung die Glieder 3., 5. . . . $m$ten Grades.

Will man sich nun über die sphärischen Aberrationen genau unterrichten, so wird die wirksame Oeffnung des optischen Systems aufgezeichnet und in jedem ihrer Punkte die Abweichung des auf ihn auftreffenden axenparallelen Strahles als Ordinate aufgetragen. Legt man jetzt durch die Enden aller dieser Ordinaten eine krumme Fläche, so kann man deren Gestalt durch Höhenschichten und Schraffirung kenntlich machen. Eine gleiche Darstellung erfolgt für Strahlenbüschel, die mit der Axe einen Winkel bilden. Auf diesen, Karten von Ringgebirgen ähnlichen Darstellungen sind die Maxima und Minima unschraffirt gelassen, und sie erhalten ihre Kolorirung nunmehr nur an den Stellen, an welchen der Betrag der chromatischen Abweichung den der sphärischen übertrifft und zwar gleich in der betreffenden Farbe.

Dieses uns sehr umständlich erscheinende Verfahren hatte aber den Vortheil, dass durch die Ausführung ganzer Serien solcher kolorirter Schichten-

und Schraffenkarten der Leiter der Konstruktion stets einen klaren Einblick darein behielt, in welcher Weise sich die Korrektion des vorliegenden Systems für die verschiedenen Abbildungsfehler änderte. Er war also im Stande zu erkennen, welche Werthe der ursprünglich zum Verschwinden gebrachten Koefficienten der Glieder 3., 5. . . . m—2ten Grades diejenige Verminderung des Betrages der Gruppe mten Grades herbeiführten, die unter Berücksichtigung der Wichtigkeit der verschiedenen Fehlerarten das bestmögliche Resultat erwarten liess.

Waren aber erst die Werthe dieser Koefficienten bekannt, so liessen sich danach die Radien und Abstände finden. Bei letzteren konnte es sich natürlich ereignen, dass sie praktisch unausführbare (negative, zu grosse, zu kleine) Werthe annahmen und daher hat J. Petzval sie mindestens zuerst nicht gern als Elemente der Rechnung eingeführt, sie vielmehr dazu benutzt, kleine auf die Ausführung zu schiebende Fehler nachträglich empirisch zu korrigiren (s. S. 253).

Schliesslich hat der Rechner nun noch die Modifikationen in Form einer Tabelle zu liefern, welche an den Radien und Abständen vorzunehmen sind, um auch bei der Verwendung anderer Glasarten dieselben Resultate zu erreichen.

III. Die Beugungsaberrationen.

Das durch eine kleine kreisförmige Oeffnung vom Radius ϱ entworfene Bild eines unendlich weit entfernten Punktes hat auf einem in der Entfernung A aufgestellten Schirme die Grösse eines Scheibchens vom Durchmesser

$$D = \frac{A \cdot \lambda}{\varrho}$$

wenn ϱ sehr klein ist und

$$D = 2\varrho + \frac{A \cdot \lambda}{\varrho}$$

wenn ϱ eine endliche Grösse hat. Dabei bedeutet λ die Wellenlänge der abbildenden Strahlen.

Durch die Differentiation von D nach ϱ und Nullsetzung des Quotienten lässt sich nun leicht die günstigste Oeffnung einer Lochkamera finden, welche sich ergiebt zu:

$$2\bar{\varrho} = \sqrt{2A \cdot \lambda} \quad \text{und} \quad D_{min} = 2\sqrt{2A \cdot \lambda}$$

Zur Erläuterung des Einflusses der Beugungseffekte werden auch noch die aus Beugung und chromatischer Aberration entstehenden Fehler einer einfachen Linse besprochen und das zur Erzielung der grössten Schärfe anwendbare Oeffnungsverhältniss zu f/88 ermittelt.

Dieses Beispiel wird auch noch auf das Landschaftsobjektiv ausgedehnt, das zur Kopie einer Karte verwandt gedacht wird, welch' letztere in eine dem Rotationsparaboloid nahe kommende Form gebracht ist. Unter sorgfältiger Berücksichtigung aller hierbei auftretender Abweichungen (Zerstreuungskreise, chromatischer und Beugungsaberrationen) wird diejenige Oeffnung, welche die grösste Schärfe giebt, zu etwa f/26 berechnet.

β. Die Begrenzung der Strahlen.

Bei allen photographischen Objektiven fällt die Gesichtsfeldblende nicht mit dem Objekt oder seinem Bilde zusammen; es ergiebt sich also keine

scharfe, sondern eine allmähliche Begrenzung des Bildkreises, derart, dass in demselben die Helligkeit (Apertur der abbildenden Büschel) allmählich von dem für die Axe geltenden Werth auf 0 herabsinkt. Die Erklärung dieses Umstandes gab J. PETZVAL sowohl für das Landschaftsobjektiv mit Vorderblende als auch für seine Doppelobjektive, bei denen er als wirksame Blenden die Fassungen der hinteren und vorderen Kombination gelten liess; er werthete auch diejenigen Winkelräume aus, innerhalb deren die Apertur der abbildenden Büschel die ganze, mehr und weniger als die halbe der für axennahe Punkte geltenden ist (S. 252).

Der Thatsache, dass eine Verminderung der Maximalapertur eine Ausdehnung des annähernd gleichmässig beleuchteten Bildkreises zur Folge hat, bediente er sich bei der Neuherausgabe seines Landschaftsobjektivs.

Ueber den Einfluss der Mittelblenden theilte er nichts genaues mit, unterschied indessen zwischen Blenden und Diaphragmen in folgender Weise: „Sie (die Fehlergruppen) verlangen z. B. gebieterisch, dass das Linsensystem „Diaphragmen bekomme, und zwar an bestimmten Stellen, die bald Blende„punkte bezeichnen, bald nicht“ (*5. 136.*).

Es scheint danach, dass er die Wichtigkeit der Kreuzungspunkte der Hauptstrahlen kannte; indessen bleibt die Frage, ob er sie mit der Verzeichnungsfreiheit des Systems in Verbindung brachte, offen, um so mehr, als es keinem Zweifel unterliegt, dass er die Anwendung trigonometrischer Formeln zur Verfolgung des Strahles durch das System als irreführend verwarf.

γ. Mittheilung allgemein gültiger Sätze.

Das PETZVAL'sche Theorem.

„Der reciproke Werth des Krümmungshalbmessers R des geometrischen „Ortes eines solchen Bildes am Scheitel ist gleich der Summe der Produkte aus „den reciproken Werthen der Brennweiten $\frac{1}{p_\varkappa}$ in die reciproken Werthe der „Brechungsverhältnisse $\frac{1}{n_\varkappa}$ der einzelnen Bestandlinsen“ (*1. 87.*).

Es ist dabei unter „solchem Bilde“ das scharfe Bild eines planen, zur Axe senkrechten Gegenstandes verstanden.

Die analytische Form des Theorems ist demnach

$$\frac{1}{R} = \sum_1^m{}_\varkappa \frac{1}{n_\varkappa p_\varkappa}.$$

Wie augenfällig, ist dieser Ausdruck unabhängig von den Entfernungen und der Reihenfolge der Einzellinsen, ist aber nur als Annäherung anzusehen, da er unter der Annahme abgeleitet ist, sämmtliche Einzellinsen seien unendlich dünn. Die Brennweiten $p_\varkappa$ werden nämlich definirt durch

$$\frac{1}{p_\varkappa} = (n_\varkappa - 1)\left(\frac{1}{r_\varkappa} - \frac{1}{r_\varkappa'}\right).$$

Aus diesem Theorem fliessen nun ungezwungen seine Anschauungen über die anastigmatische Bildebenung.

Bezeichnet man nämlich bei einem achromatisirten Objektive die Brennweite der sämmtlichen nahe an einander gestellten Crownglaslinsen vom Bre-

chungsindex n mit p, die aller Flintglaslinsen vom Index ν mit π, so nimmt das PETZVAL'sche Theorem die Form an:

$$(\alpha) \qquad \frac{1}{R}=\frac{1}{np}+\frac{1}{\nu\pi};$$

ausserdem gilt bezüglich der Gesammtbrennweite P unter der Voraussetzung. dass man die Aequivalentlinsen aus Crown und Flint als unendlich dünn ansehen kann:

$$(\beta) \qquad \frac{1}{P}=\frac{1}{p}+\frac{1}{\pi}.$$

Soll nun das Bild nahe der Axe ein ebenes sein, so ist $R=\infty$ zu setzen, und man erhält dann durch Substitution des entsprechenden π-Werthes in (β):

$$\frac{1}{P}=\frac{n-\nu}{n.p},$$

d. h., bei dem gewöhnlichen Crownglasmaterial, bei welchem stets $n<\nu$ ist, kann ein anastigmatisch geebnetes Bildfeld nur bestehen für ein System negativer Brennweite P, wenn man von der andern Lösung des Gleichungssystems (α), (β), — System unendlich langer Brennweite — absieht.

Um also bei einem Objektive positiver Brennweite ein in der Nähe der Axe anastigmatisch geebnetes Bildfeld zu erhalten, muss man optisches Glas zur Verfügung haben, bei dem eine geringe Dispersion mit hohen Brechungsexponenten verbunden ist.

Hat man aber bei einem System aus dem zur Verfügung stehenden Material gefunden, dass die Bildfläche gekrümmt ist, so hilft der Versuch, sie gerade strecken zu wollen, nichts; man führt dadurch nur astigmatische Fehler ein. Es giebt in diesem Falle keine an die Krümmungsradien anzubringende Korrektion, welche die anastigmatische Bildebenung herbeiführt.

Ein allgemeiner Satz über die Einzellinse.

„Ein System an einanderliegender oder in sehr kleinen Abständen von „einander angeordneter, wenn auch noch so zahlreicher brechender oder reflec„tirender Flächen kann nie ein Bild erzeugen, das sich in seiner ganzen Aus„dehnung auch nur zur fünften, viel weniger zu einer höheren Ordnung „erhebt" (*1. 18.*).

Je besser man ein solches System für axennahe Punkte korrigirt, desto ausgeprägter sind dann die Fehler für die Randtheile. Will man trotzdem gute Bilder von einem solchen System erzielen, so ist es durchaus nothwendig, dass

erstens das Bild in der Mitte des Feldes sich nicht über die 3. Ordnung erhebe, und dass

zweitens zur Erzeugung des Bildes ausser der Axe verschiedene Theile der Oeffnung benutzt werden (*1. 21.*).

Historische Bemerkungen hinsichtlich der PETZVAL'schen Theorie.

Die soeben behandelte Theorie ist von J. PETZVAL allmählich entwickelt worden, doch war er gleich bei der ersten Publikation im Besitz des nach ihm benannten Theorems und des Gesetzes über die Beschaffenheit der Einzellinse. Dagegen fehlte ihm noch die Erkenntniss, dass photographische Objektive anders achromatisirt werden müssen, als für oculare Beobachtung bestimmte Systeme, ferner die Ausgleichungstheorie, zu der nur Ansätze vorhanden waren, und die Behandlung und Einführung der Beugungseffekte.

Wann er seine Theorie des Achromatismus aufstellte, ist nicht mit Be-

stimmtheit zu sagen, da er über theoretische Arbeiten zwischen 1843 und 1856 anscheinend nichts publicirte. Auch die vollständige Entwicklung der Koëfficienten der Glieder 7. Grades stammt aus dieser Zwischenzeit.

Ganz ihm eigenthümlich ist der unglaublich mühsame Weg der Reihenentwicklung jener Funktionen $\varphi_\varkappa$ ($\varkappa = 1..4$). Die Herleitung im einzelnen scheint für immer verloren zu sein. Sehr scharf wies er die trigonometrische Verfolgung eines Strahles durch ein optisches System von sich, da man hinsichtlich der astigmatischen Differenzen nur irre geführt wurde. Doch kann man diesen Vorwurf nur einer schlecht geleiteten und unrichtige Formeln benutzenden Durchrechnung machen. Bei Vermeidung dieser Fehler ist vielmehr dieser Weg der natürlichste.

Für die Beurtheilung der sphärischen Korrektion zog er nicht blos die Grösse des sphärischen Zerstreuungskreises in Betracht, sondern auch die Lichtvertheilung in demselben, und bezeichnete als das Ideal eine solche Korrektion bei der der Durchmesser jenes Kreises an sich möglichst klein sei und bei einem Intensitätsmaximum in der Mitte, doch eine scharfe Begrenzung habe.

Besonders hervorzuheben ist ferner, dass der Beweis der Unmöglichkeit, mit den alten Glasarten ein astigmatisch korrigirtes System mit ebenem Bildfelde zu konstruiren, zuerst von L. Seidel (*3. 393.*) 1855 gegeben ist. J. Petzval hat denselben erst zwei Jahre später, ohne L. Seidel's Namen zu nennen, nachgeholt, indem er die von uns im Vorhergehenden wiedergegebene Ableitung mittheilte.

Die Petzval'sche Theorie ist namentlich in ihren einzelnen Sätzen im Laufe der Zeit mehrfach angegriffen worden. Und in der That wird man sein Vorgehen, die Beweise fortzulassen, nur bedauern können.

L. Seidel und H. Zincke gen. Sommer über J. Petzval.

Die Auffassungen von L. Seidel (*3. 393.*) und die von H. Zincke gen. Sommer (*1.*), nach denen J. Petzval auf Grund ganz unzureichender Forschung sein Theorem ausgesprochen habe, scheinen mir allzu ungünstig zu sein. Es mögen hier zu diesem Punkte zwei Aeusserungen J. Petzval's vom Jahre 57 angeführt werden, aus denen mir hervorzugehen scheint, dass er unter Bild seitlich der Axe damals jedenfalls die anastigmatische Vereinigung schiefer Strahlen verstand. So sagt er (*5. 100.*), wo er von der durch die Stellung der Blende verbesserungsfähigen Ebenung bei der Chevalier'schen Landschaftslinse spricht: „so bemerke ich, dass dies kein Bild sei, welches in aller „Strenge zu irgend einer Ordnungszahl gehörig wäre", und fährt dann weiter fort: „mit einer möglichst abweichungsfreien Linse, die, wirklich nach wissen„schaftlichen Principien konstruirt, ein reines Bild giebt, von einer gewissen „Ordnung der Güte. gelingt dies nicht, denn solch' ein Bild besitzt stets die „naturgemässe durch die Formel (1) gegebene Krümmung."

Aber mir scheint auch schon für 1843 eine solche Auffassung ihm zuzusprechen zu sein. Einmal spricht er sein Theorem anscheinend als für Bilder mindestens 5. Ordnung geltend (*1. 26.*) aus, sodann aber ist „der geometrische Ort des Bildes" ausdrücklich (*1. 3.*) als Ort anastigmatischer Strahlenvereinigung definirt worden.

Die Forschungsergebnisse J. Petzval's hinsichtlich der fünf sphärischen Abbildungsfehler, die theils auf die Schärfe und Krümmung, theils auf die perspektivische Richtigkeit des Bildes Bezug haben, sind später von L. Seidel und dann von M. Thiesen völlig bestätigt worden. Man wird sich gegenwärtig halten, dass die Seidel'sche Ableitung in idealer Vollständigkeit gegeben

ist, während J. PETZVAL seine Herleitung nie veröffentlichte. Darüber aber, dass er selbst tief in dieses Gebiet eingedrungen war, wird kaum eine Ungewissheit bestehen können.

d. Die Entwicklung der photographischen Optik bis zum Erscheinen des Aplanaten.

Die VOIGTLÄNDER'sche Werkstätte.

Wenden wir uns nunmehr zu dem Leiter der ausführenden Werkstätte zurück, so war nach dem 1843 erfolgten Bruche FR. VOIGTLÄNDER im Besitze der Konstruktionsdaten J. PETZVAL's für Portraitobjektiv und Feldstecher geblieben, deren Ausführung ihm einen Weltruf verschaffte.

Seine „Optische Anstalt" konnte zur Zeit jenes entscheidenden Aufschwunges auf eine lange Geschichte zurücksehen; sie war von seinem Grossvater JOHANN CHRISTOPH VOIGTLÄNDER [* 1732, † 27. Juni 1797] 1756*) in Wien gegründet und von dem Vater JOHANN FRIEDRICH [* 21. Mai 1779, † 28. März 1859] fortgeführt worden, von dem wir durch J. ARNOLD's (*136-137*) Notiz wissen, dass er W. H. WOLLASTON's Erfindung der periskopischen Brillenform in Deutschland verwerthete. Als Sohn dieses Mannes wurde PETER WILHELM FRIEDRICH VOIGTLÄNDER [* 17. Nov. 1812, † 8. April 1878] (P.) am 17. November 1812 geboren und erhielt nach J. M. EDER's (*1. 41.*) Angaben eine theoretische Ausbildung am Wiener Polytechnikum, um 25 Jahre alt, 1837, das Geschäft seines Vaters zu übernehmen. Seines Wirkens mit J. PETZVAL ist im Vorhergehenden Erwähnung gethan, und es ist nun unsere Aufgabe, seine Schicksale auf photographischem Gebiete weiter zu verfolgen.

Die Ansprüche, die an die zunächst noch kleine Werkstätte gestellt wurden, waren ganz ausserordentlich grosse, und es blieb dem Inhaber und kaufmännischen Leiter wohl kaum Zeit übrig, sich um die Fortbildung des optischen Theiles seiner Apparate zu kümmern. So ist es auffällig, dass er mit keinem Versuche an die Oeffentlichkeit trat, die aktinische Korrektion auch seinerseits am Portraitobjektive durchzuführen, die doch schon lange vorher von A. Ross in England und um diese Zeit auch schon von N. P. LEREBOURS (*1.*) in Frankreich erreicht worden war.

*) Nach den jetzigen Angaben der Firma. FR. VOIGTLÄNDER (*4.*) selbst nahm 1748 als Gründungsjahr an. Nach einer Originalmittheilung in (P.). wäre das optische Geschäft erst von JOHANN FRIEDRICH VOIGTLÄNDER von dem mechanischen Betriebe des Vaters abgezweigt, vermuthlich gegen Anfang dieses Jahrhunderts.

Das Vorderglied des Portraitobjektivs als Landschaftslinse.

Von den in der regen Zeit des Zusammenwirkens mit J. PETZVAL angeknüpften Beziehungen scheint noch am engsten die mit dem Bibliothekskustos ANTON MARTIN*) gewesen zu sein, der sich fortdauernd in anerkennenswerthester Weise mit theoretischen und praktischen Studien auf photographischem Gebiete beschäftigte und auch schriftstellerisch sehr thätig war. Von diesem Manne (2.) erhalten wir 1848 die erste Nachricht über eine Aenderung am optischen Apparat, die in der Optischen Anstalt vorgenommen wurde. Dieselbe bestand in der gesonderten Ausführung der zur PETZVAL'schen Konstruktion gehörigen Vorderlinse von 52.6 mm (2 W. Z.)**) Durchmesser und 316 mm (12 W. Z.) Brennweite, welche umgekehrt und durch eine vorgesetzte Blende von 11 mm (5 W. Lin.) Oeffnung auf $\frac{f}{28.8}$ abgeblendet als Landschaftsobjektiv verkauft wurde. Gleichzeitig erhielt auch die Fassung eines die gleichen Radien an der Vorderlinse aufweisenden Portraitobjektivs eine derartige Einrichtung, dass man die Frontlinse allein in umgekehrter Stellung als Landschaftslinse verwenden konnte.

Wir sehen also hier eine derartige Umgestaltung des Portraitobjektivs vor uns, dass das gleiche Objektiv zwei verschiedene Brennweiten zur Verfügung stellt, eine Einrichtung, die, wie wir früher sahen, von CH. CHEVALIER sowohl als von A. ROSS ihren alten Doppelobjektiven gegeben war. Beim PETZVAL-Typus erscheint sie hier zuerst und ist, soweit das hier benutzte Material in Frage kommt, den umfangreicheren Modifikationen FR. SCOTT ARCHER's um einige Jahre vorausgegangen.

Verlegung der Werkstätte nach Braunschweig.

Bald nach dieser Zeit, nämlich 1849, verlegte FR. VOIGTLÄNDER seine optische Anstalt nach Braunschweig, behielt indessen auch ein Zweiggeschäft in Wien bei, das erst 19 Jahre später, 1868, aufgegeben wurde. In Wien genoss er bis an sein Lebensende ein hohes Ansehen, und es ist durchaus verständlich, dass der Wiener Lokalpatriotismus einen Stolz darin sah, auf den berühmten Mann als Landsmann hinzuweisen. Auch nach dem grossen Streit und bis in die späte Zeit hinein erfuhr sein Verhältniss zu J. PETZVAL nur eine oberflächliche Berührung. Freilich war es unangenehm, der Sache auf den Grund zu gehen, und man liess wohl um so lieber die Angelegenheit im Unklaren, als J. PETZVAL, wie sich die Frage nun einmal zugespitzt hatte, als Mensch im Verlaufe des

---

*) Nach (P.) * 8. März 1812, † 21. Aug. 1882.
**) Siehe Anmerkung auf S. 88.

Streites eine durchaus nicht würdige Rolle gespielt hatte. Persönlich unterrichtete Männer, wie AN. MATRIN, ergreifen am liebsten keine Partei, neigen aber mehr oder minder zu FR. VOIGTLÄNDER hin, andere, wie der aus des Anonymus F. X. M. Artikel bekannte .. BOLLMANN, versuchen in schönfärberischer Weise den Riss in dem Verhältniss, den sie nicht überkleben können, doch mindestens rosenrot anzustreichen; nach allem, was über J. PETZVAL's Persönlichkeit bekannt geworden ist, ist diese Annahme einer melodramatischen Klagestimmung J. PETZVAL's über den Verlust von FR. VOIGTLÄNDER's Mitarbeiterschaft gänzlich unbegründet.

Angaben über Neuerungen in der VOIGTLÄNDER'schen Anstalt gelangen nur lückenhaft zu unserer Kenntniss, da sich in Deutschland eine selbständige photographische Litteratur beträchtlich später entwickelte als in England.

Fünfzöllige Portraitobjektive.

So wurde 1857 nach Angabe von J. B. SCHNEIDER ein Portraitobjektiv von 131.5 mm (5 W. Z.) Linsendurchmesser („Fünfzöller") und einer Brennweite von f = 574 mm (21 Z. 9 L. W. M.), also mit einer gegen die früheren, kleineren Exemplare verringerten Oeffnung von 1:4.36 hergestellt. Dasselbe lieferte Bilder von etwa 41 cm ($15^1/_2$ W. Z.) Seitenlänge; das vordere Objektiv konnte umgekehrt und als Landschaftslinse von f = 890 mm (33 Z. 9 L. W. M.) benutzt werden. Verschiedene Blenden von 85.8 bis 52.6 mm ($3^1/_4$ bis 2 Z. W. M.) waren beigegeben. Das Objektiv war noch mit Fokusdifferenz behaftet, und es scheint nach der Beschreibung eine Graduirung auf dem Rohrstutzen angebracht gewesen zu sein, um nach erfolgter optischer Einstellung die Umänderung in die aktinische vornehmen zu können. Wie hoch das Ansehen der VOIGTLÄNDER'schen Anstalt um diese Zeit stand, kann man aus der ungemein grossen Preisdifferenz ersehen, die gegenüber französischen Objektiven ähnlicher Grösse bestand. So kostete das besprochene Objektiv 1350 Mark (450 Thlr.) und ein französisches gleicher Grösse etwa 400 Mark (500 fr.).

Achromatisirung durch Einführung eines Crowns von niederem ν.

Die wichtigsten Fortschritte waren aber zweifellos die Aufnahme der Fabrikation der PETZVAL'schen Landschaftsobjektive unter dem Namen der Orthoskope*) im Jahre 1857 und die Durchführung der aktinischen Achromatisirung der Portraitobjektive, welche nach J. M. EDER (*1. 43.*) in das Frühjahr 1858 zu verlegen

*) Wie stark die Nachfrage nach dem obenerwähnten Objektivtypus gewesen ist, kann man aus FR. VOIGTLÄNDER's eigener Angabe (*3. 69.*) entnehmen, nach der in der Zeit etwa eines Jahres über 400 orthoskopische Objektive abgesetzt wurden.

ist, und nach dem Berichte von A. BERTSCH (*5.*) 1859 vor der französischen photographischen Gesellschaft durch Modifikation der Glasarten herbeigeführt worden war.

Aus der Angabe J. M. EDER's (*1. 115.*) kann man ersehen, dass die nothwendige Aenderung im Sinne der Anbringung chromatischer Unterkorrektion dadurch erreicht wurde, dass man statt

hard crown: $n_D = 1.517$; $\bar{\nu} = 47.4$
soft crown: $n_D = 1.515$; $\bar{\nu} = 44.3$ verwandte.

Sechslinsige Portraitobjektive — J. PETZVAL's zweite Portraitlinse?

Auf andere in dieser Zeit getroffene Einrichtungen bin ich durch die fremdländische Presse aufmerksam gemacht worden; so giebt J. TRAILL TAYLOR (*4.*) Nachricht von einem ganz besonders lichtstarken, aus 6 Linsen zusammengesetzten Doppelobjektive der VOIGTLÄNDER'schen Anstalt, allerdings ohne irgend ein Datum beizufügen. Genauere Nachforschungen ergaben, dass es wohl zuerst von AN. MARTIN (*1.*) 1846 angezeigt würde, und zwar findet sich seine Beschreibung am Schlusse des Verzeichnisses VOIGTLÄNDER'scher, nach der Berechnung von J. PETZVAL ausgeführter Objektive. Bei einer Oeffnung der Vorderlinse von 79.1 mm (36‴ W. M.) sei ihm eine Brennweite von 59.3 mm ($2^1/_4$″ W. M.) eigen. Aller Wahrscheinlichkeit handelt es sich hierbei um die Länge der Schnittweite. Es ist also nicht ausgeschlossen, dass wir es hier mit dem „anderen schnellwirkenden Objectiv“ zu thun haben, das FR. VOIGTLÄNDER (*3. 29.*) erwähnte. Eine Aufklärung darüber von den Leitern der Braunschweigischen Optischen Anstalt wäre recht am Platze.

Möglicherweise ist dies auch der „ältere Typus“, der aus „zwei „dreitheiligen Combinationen besteht, in welchen ein biconcaves „Flintglas zwischen zwei positiven Crowngläsern verkittet ist“, von dem uns D. KAEMPFER (*7.*) jüngst, 1898, berichtet hat. Ob das wiederum die gleiche Konstruktion ist, die A. MIETHE (*5.*) 1895 beschrieb, bin ich ausser Stande anzugeben.

Sonstige Neuerungen FR. VOIGTLÄNDER's.

Ferner beschreibt uns A. BERTSCH (*4.*) 1859 die von FR. VOIGTLÄNDER eingeführten Schieberblenden, die ersichtlich dem Vorschlage von J. WATERHOUSE nachgebildet sind. Um die gleiche Zeit hören wir*), dass FR. VOIGTLÄNDER die *panoramic lens* in Braunschweig herstellen werde. Es lässt sich aus alledem sicher das Bestreben erkennen, auf der Höhe zu bleiben, und es wäre ungerecht, FR. VOIGTLÄNDER wegen Ueberschätzung der wohl theoretisch interessanten, praktisch aber werthlosen *panoramic lens* Vorwürfe zu machen;

---

*) Ph. N. 1859. *4. 295.*

er folgte darin nur dem Beispiele seiner englischen Zeitgenossen, von denen TH. ROSS die Fabrikation dieses Instruments in einem uns unverständlich bleibenden Umfang aufzunehmen gedachte.

Die verschiedenen Modifikationen des PETZVAL'schen Portraitobjektivs.

Es ist wohl hier der Ort, auf die verschiedenen, eingehend an den betreffenden Stellen besprochenen oder zu besprechenden Modifikationen hinzuweisen, die die ursprüngliche Konstruktion des Portraitobjektivs im Laufe der Zeit erfahren hat. Abgesehen von

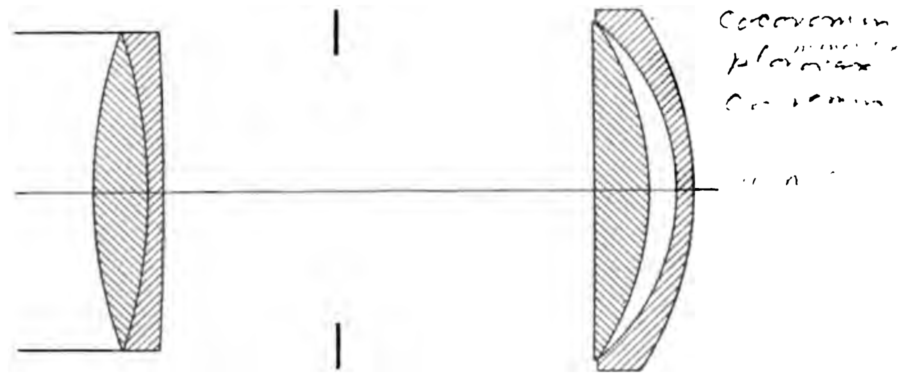


Fig. 106, s. Taf. I.

H. ZINCKE gen. SOMMER: Modifikation des PETZVAL-Objektivs.
Quelle: H. ZINKEN (sic!) gen. SOMMER. *2. 134.*

Reducirt auf $f_D = 100$ mm.
Durchgerechnet für 1 : 2.4 und $\omega = 15^1/_2{}^0$.
Radien r_ν, Dicken d_ν und Entfernungen b_ν in Millimetern auf der Axe gemessen.

$r_1 = 63.0$		$r_4 = 364.2$ (konkav)	
	$d_1 = 7.4$		$d_3 = 6.3$
$r_2 = 61.6$		$r_5 = 39.5$	
	$d_2 = 2.1$		b_3[1]) $= 3.4$
$r_3 = 1087$ (konvex)		$r_6 = 29.2$	
	$b_1 = 22.0$		$d_4 = 2.1$
	$b_2 = 34.9$	$r_7 = 43.4$	

Glasarten n_D.
$L_1 = L_3 = 1.5313$
$L_2 = L_4 = 1.6385$

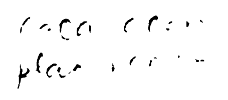
[1]) In Rücksicht auf die sphärische Korrektion vergrössert.

dem erwähnten Versuche FR. VOIGTLÄNDER's, das Objektiv im Sinne eines Satzobjektivs benutzbar zu machen — ein Vorgehen, das einige Jahre später von FR. SCOTT ARCHER (S. 155) in grösserem Umfange aufgenommen wurde — sahen wir (S. 215), welche energische Aenderung J. H. DALLMEYER im Jahre 1866 vornahm.

Dieselbe Umstellung der Glasarten im hinteren Gliede legte H. ZINCKE gen. SOMMER seiner strengen Rechnung zu Grunde und erhielt 1870 das nebenstehend dargestellte Portraitobjektiv mit der riesigen Oeffnung von 1 : 2.37. Mir ist nichts darüber bekannt, ob dieses Objektiv ausgeführt wurde.

Im Jahre 1878 finden wir die VOIGTLÄNDER'sche Anstalt mit der Einführung eines Portraitobjektivs mit verkitteter Hinterlinse beschäftigt, eines Typus, der möglicherweise auf denselben Autor zurückzuführen ist.

J. M. EDER berichtet uns indessen (*1. 126.*), dass nach einigen Jahren — 1885 — die Fabrikation dieser Objektive zu Gunsten eines Typus aufgegeben wurde, in dem nach dem Vorgange J. H. DALLMEYER's die Glasfolge im Hintergliede geändert war.



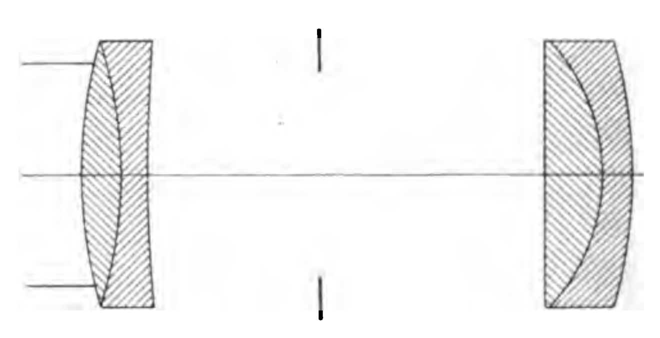


Fig. 107, s. Taf. I.

FR. VON VOIGTLÄNDER: Modifikation des PETZVAL-Objektivs.
Quelle für die Radien: FR. VON VOIGTLÄNDER. *2.*
Quelle für Abstand der Linsen und der Blende: J. M. EDER. *1. 125.*

Reducirt auf $f_D = 100$ mm.
Durchgerechnet für 1 : 3.5 und $\omega = 12^0$.
Radien r_ν, Dicken d_ν und Entfernungen b_ν in Millimetern auf der Axe gemessen.

$r_1 = 64.7$
 d_1[1]) = *5.3*
$r_2 = 52.3$
 d_2[1]) = *3.9*
$r_3 = 579.4$
 b_1[2]) = *22.2*
 b_2[2]) = *29.0*
$r_4 = \infty$
 d_3[1]) = *7.7*
$r_5 = 24.1$
 d_4[1]) = *3.9*
$r_6 = 64.7$

Glasarten n_D.

$L_1 = L_3 = 1.536$
$L_2 = L_4 = 1.602$

[1]) Willkürlich angenommen.
[2]) Nach der von J. M. EDER angegebenen Figur bestimmt.

Reducirt man die dort (*1. 122.*) für eine Brennweite von 167 mm angegebenen Radienwerthe durch Division mit 1.67 auf f appr. = 100 mm, so kann man diese Zahlen mit den von J. H. DALLMEYER angegebenen vergleichen. Es lauten nun die approximativ auf f = 100 mm reducirten Radien nach J. H. DALLMEYER (1866):

r_1,	r_2,	r_3,	r_4,	r_5,	r_6,	r_7
50.0;	43.5;	250;	533;	33.3;	29.8;	59.7 mm,

und, sehr ähnlich, nach FR. VOIGTLÄNDER (1885):

r_1,	r_2,	r_3,	r_4,	r_5,	r_6,	r_7
52.0;	44.9;	251;	393:	33.5;	29.0;	60.5 mm.

Leider sind auch hier nicht alle Daten bekannt, namentlich fehlt der Abstand.

Um ein Bild dieses VOIGTLÄNDER'schen Typus zu haben, wird es genügen, sich den DALLMEYER'schen, Fig. 86, zu vergegenwärtigen. In der Zeichnung würde sich kaum ein anderer Unterschied bemerkbar machen lassen — der Krümmungsunterschied an Fläche 4 würde für die so wenig verschiedenen Pfeilhöhen nicht erkennbar werden, — als der, dass die Linsendurchmesser im ersten Falle 33.3 mm, im zweiten 31.1 mm betragen würden.

Dürftigkeit der Quellen.

Gehen wir noch einmal zum allgemeinen Stande der photooptischen Litteratur in Deutschland und Oesterreich zurück, so ist er um die besprochene Zeit, also bis in den Beginn der 60er Jahre hinein, ausserordentlich unbefriedigend, da grosse wissenschaftliche Kapacitäten sich augenblicklich in allgemeinverständlicher Weise mit solchen Fragen nicht beschäftigen, beanlagte Amateure aber entweder nicht vorhanden sind oder bei dem Mangel an Fachzeitschriften nicht zu Worte kommen. Unter den verstreuten Aufsätzen, die man beispielsweise in *Dingler's polytechnischem Journal* auffindet, befinden sich zum Theil sehr interessante Versuche über die Anwendung des als richtig zeichnend vorausgesetzten Objektivs, von denen nur der wahrscheinlich erste zur projektiven Vorführung photographischer Reihenaufnahmen bestimmte Apparat des genialen österreichischen Artillerie-Officiers FR. UCHATIUS 1853 erwähnt sein möge, aber auch solche unerhört thörichte Vorschläge, wie die LÖCHERER'sche innen weiss, und die GÜNTER'sche innen blau ausgekleidete Kamera, die schon den vernichtenden Hohn J. PETZVAL's herausgefordert hatten.

Die Fachpresse. W. HORN, K. J. KREUTZER.

Die ersten Versuche der Begründung einer eigenen Fachpresse in Deutschland wurden von dem Photographen WILHELM HORN, der sein *„Photographisches Journal“* 1854 in Prag herausgab, und von dem Bibliotheks-Kustos KARL JOSEF KREUTZER gemacht, der die *„Zeitschrift für Fotografie und Stereoskopie“* in Wien 1860 gründete. Beide bringen entweder gar nichts Optisches, oder sie nähren sich in dieser Hinsicht von den Brocken, die von den Tischen des Auslandes fallen; sie sind aber insofern von Nutzen für die Theorie, als sie die Bestrebungen des Auslandes in dieser Richtung dem deutschen Publikum zugänglich machen. Doch scheint der Erfolg

für die photographische Optik vollständig ausgeblieben zu sein, aus Gründen, auf die wir im Verlaufe dieser Darstellung noch öfter zu sprechen kommen werden.

P. E. Liesegang's Archiv.

Die erste Wendung zum Bessern wurde eingeleitet durch die von dem 22jährigen Paul Eduard Liesegang 1860 begründete Zeitschrift *„Photographisches Archiv"*.

P. E. Liesegang war, wie L. Schrank (*2.*) berichtet, am 26. Juni 1838 in Elberfeld geboren (er starb in Düsseldorf am 6. Sept. 1896) und studirte nach Absolvirung des Gymnasiums seiner Vaterstadt in Berlin, Giessen und Jena Naturwissenschaften, hauptsächlich Chemie, an letzterem Orte unter dem Einflusse des um die Entwickelung der Photographie in Deutschland so hoch verdienten Julius Schnauss stehend. Nachdem er seine Studien durch die Promotion 1859 auch äusserlich abgeschlossen hatte, begründete er im folgenden Jahre das Photographische Archiv, in dem er als ungewöhnlich sprachkundiger Mann — er war zeitweilig auch an der Herausgabe einer französischen und einer italienischen Fachzeitschrift beschäftigt — grosses Gewicht auf sorgfältige Berichterstattung über die Fortschritte des Auslandes legte. Doch trug diese Zeitschrift in einer von den vorher erwähnten sehr abweichenden Weise den Stempel der Selbständigkeit, und wenn auch ihr Herausgeber seiner ganzen Vorbildung nach dem chemischen Rüstzeuge der Photographie grössere Aufmerksamkeit schenkte, so fand er ohne Schwierigkeit Männer, wie den Leipziger Gymnasiallehrer und Privatdocenten (P.) Heinrich Adolph Weiske, welche ihn in seinen Redaktionsgeschäften nach der optischen Seite hin unterstützten.

Gelehrte Amateure in Deutschland.

Es charakterisirt — wenn auch zeitlich etwas später, auf 1866, fallend — die Art und Weise des Arbeitens deutscher gelehrter „Amateure" auf optischem Gebiete in ausserordentlich prägnanter Weise, wenn die beiden Leipziger, A. Weiske (*1.*) und C. Miersch, mit der schwersten Rüstung mathematisch-optischer Schulung angethan, wegen der Frage der Brennweitenbestimmung über einander herfallen, und wenn ersterer durch die Anführung einer wissenschaftlichen Autorität — wenn ich nicht irre von A. F. Möbius — den Streit zur Entscheidung zu bringen glaubt. Es ist dieser Mann, der (*2.*) gegen Carey Lea wegen der Gauss'schen Hauptpunkte loszieht, ganz gewiss in seiner mathematischen Schulung dem Gegner weitaus überlegen, aber in seinem äusserst reizbaren Nationalgefühl ungerecht, da man Carey Lea, der doch nur nebenher und recht dilettantisch sich mit mathematischen Dingen beschäftigte, unmöglich für den bis zur Verknöcherung konservativen

Stand der englischen schulmässigen Optik verantwortlich machen konnte. Von C. MIERSCH habe ich sonst nur die früher erwähnte französische Preisarbeit auffinden können, und auch diese bestätigt den Eindruck, den man von den Bestrebungen der nicht mit der Optik in Verbindung stehenden gelehrten „Amateure" bekommt, dass sie sich wohl eingehend und gründlich, aber schwerfällig und unfruchtbar mit diesen Fragen beschäftigten; nach den vorliegenden Proben zu schliessen, möchte sich wohl kein Praktiker einen dieser Männer als Führer auf dem Gebiete der Theorie gewählt haben. Erst durch den Vergleich mit solchen Darstellern ist man im Stande, auch die hohe Formvollendung der PETZVAL'schen Schriften zu würdigen, welche in der Darstellung stets anregend und elegant in der Entwickelung, in der photographischen Litteratur einzigartig dastehen.

Photographische Korrespondenz und Photographische Mittheilungen.

Sehr bald folgten auf die erste wirklich lebensfähige Düsseldorfer Zeitschrift zwei andere photographische Blätter deutscher Sprache, und zwar ziemlich gleichzeitig, 1864, die beide in der Folgezeit als Publikationsorgane der beiden grossen photographischen Gesellschaften in Wien und Berlin beziehentlich unter den Titeln *„Photographische Correspondenz"* und *„Photographische Mittheilungen"* dienen sollten. Erstere erschien, das erste Jahr wenigstens, unter Mitwirkung der ungemein thätigen Firma OSCAR KRAMER, veröffentlichte aber von Anfang an Berichte über die Sitzungen der Wiener Photographischen Gesellschaft und wird vom Jahre 1869 ab auf dem Titelblatt direkt als Organ derselben bezeichnet. Die Photographischen Mittheilungen haben gleich von vornherein als Gesellschaftsorgan gedient.

Die Wiener photographische Gesellschaft*) bildete sich infolge der Bemühungen eines auf Veranlassung von J. HOMOLATSCH im Oktober 1860 zusammengetretenen provisorischen Komitees im März 1861; drei Jahre vorher waren schon einmal Versuche gemacht worden, die photographisch interessirten Kreise in dem Rahmen einer Gesellschaft zu organisiren.

Das Publikationsorgan ist zunächst die KREUTZER'sche Zeitschrift, später tritt die von L. SCHRANK herausgegebene Korrespondenz in diese Funktion ein.

Berichterstattung über optische Fragen.

Hiermit ist nun endlich Gelegenheit gegeben, mittels der Fachpresse Mittheilungen an einen bestimmten Leserkreis gelangen zu lassen, aber vorläufig begegnen wir nur sehr wenigen Artikeln optischen Inhalts. So berichtete 1864 AN. MARTIN (*3.*) über eine von GASC & CHARCONNET frei nach C. C. HARRISON und .. SCHNITZER

---

*) Kr. Z. 1861. **3.** 137—139.

kopirte, *lentiforme de l'oeil* getaufte und von O. KRAMER eingeführte *globe lens*.

Es ist ja verständlich, dass die Interessenten über solche Erscheinungen gern von einem als tüchtig anerkannten Praktiker berichtet zu sein wünschen, für die Verbreitung optischer Kenntnisse aber ist solch' ein Referat werthlos. Es ginge noch an, wenn sich solche Berichte auf die Registrirung der Beobachtungen beschränkten, aber leider, und dieser Vorwurf trifft hier den sonst so vorsichtigen AN. MARTIN, verführt die Furcht, vor einem urtheilslosen Publikum mangelhaft unterrichtet zu erscheinen, einerseits und anderseits die Scheu, bei dem Optiker anzustossen, den Berichterstatter häufig, zu einem Eiertanz der Kritik, der wenigstens Geschicklichkeit und Politik verräth, noch Erklärungsversuche zuzugeben, die freilich optische Kenntnisse nicht verrathen. Obwohl AN. MARTIN nach eigenem Zugeständniss in der photographischen Optik keine Schulung besitzt, so möchte er doch gern eine Theorie des von ihm besprochenen Objektivs geben, und dieses Unterfangen führt ihn denn auch nicht nur zur schüchternen Demonstration der Verzeichnungsfreiheit des Doppelobjektivs, sondern auch zu der der Einzellinse, die vor ihm wohl noch niemand, selbst nicht der Vater dieses Typus, behauptet hatte. Die übrigen „Tugenden" des Objektivs hätten sich kürzer entwickeln lassen, wenn man dasselbe schilderte wie es war, nämlich als ein in kleinem Massstabe ausgeführtes symmetrisches Objektiv mit Mittelblende, bei dem der Mangel jeglicher sphärischen Korrektion durch eine entsprechend starke Abblendung verdeckt war.

E. BUSCH's Pantoskop.

Die *globe lens* hatte aber nicht nur in Frankreich, sondern auch in Deutschland Aufsehen erregt und war hier von dem Optiker EMIL BUSCH [* 6. Aug. 1820, † 1. April 1888] in Rathenow einer Modifikation unterzogen worden, deren Ergebniss den Namen Pantoskop (vom Adjektivum *πᾶς ganz, alles* und *σκοπέω sehen*) erhielt.

An dem erwähnten Orte bestand schon 1800*) eine Fabrik für Brillengläser, Brilleneinfassungen und Linsen, die von dem Prediger JOHANN HEINRICH AUGUST DUNCKER gegründet worden war. Im Jahre 1824 folgte demselben sein Sohn EDUARD nach, der die Fabrik bedeutend erweiterte und, da er kinderlos war, seinen Neffen E. BUSCH zum Nachfolger bestimmte.

Derselbe übernahm die Fabrik im Jahre 1845 und leitete sie zunächst als Besitzer, nach ihrem 1872 erfolgten Uebergang an

*) Zum Theil nach dem MEYER'schen Konversations-Lexikon.

eine Aktiengesellschaft als Direktor. Wann er in die Fabrikation photographischer Objektive eingetreten ist, ist mir nicht bekannt geworden. Es wird von ihm berichtet, dass er schon in den 50er Jahren die aktinische Achromasie photographischer Objektive durchgeführt habe, eine nicht unglaubhafte Angabe, da er sich mit dem Stande der englischen Optik sehr vertraut gehalten zu haben scheint. Er hat die Ideen derselben vielfach benutzt und lange Zeit Triplets, die dem DALLMEYER'schen ähnlich gewesen zu sein scheinen, in den Handel gebracht. So mag er auch schon früh die aktinische Achromasie, die in England in den 50er Jahren längst bekannt war, an seinen Objektiven durchgeführt haben.

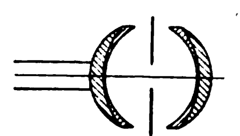


Fig. 108, s. Taf. III.
E. BUSCH: Pantoskop.
Quelle: J. M. EDER. *1. 144*.
Reducirt auf $f_D = 100$ mm.
Durchgerechnet für 1 : 30.4 und $\omega = 49^0$.
Radien r_ν, Dicken d_ν und Entfernungen b_ν in Millimetern auf der Axe gemessen.

$r_1 = r_6 = 7.45$
$d_1 = d_4 = 1.74$
$r_2 = r_5 = 10.39$
$d_2 = d_3 = 0.19$
$r_3 = r_4 = 7.63$
$b_1 = b_2 = 6.2$

Glasarten n_D.
$L_1 = L_4 = 1.5331$ [1])
$L_2 = L_3 = 1.6079$

[1]) Unter Verbesserung des a. a. O. offenbar bestehenden Druckfehlers.

Die Zeit der Ausführung dieser Neukonstruktion ist nach J. M. EDER (*1. 144*) auf das Jahr 1865 anzusetzen, über die näheren Umstände der ersten Einführung sind wir allerdings nicht unterrichtet.

Die der oben angegebenen Quelle entnommenen Konstruktionsdaten ermöglichten die Anstellung einer trigonometrischen Durchrechnung.

Was die sphärische Aberration angeht, so ist dieselbe eine ausserordentlich grosse, nämlich — 6 . 1 mm, bei der kleinen relativen Oeffnung von 1 : 30.4 und $f_D = 100$ mm.

Alles war gethan worden, um die schiefen Büschel zu korrigiren, und es war in der That ein beträchtlicher Gewinn nach dieser Richtung hin erzielt worden. Der Astigmatismus erscheint hier bei negativer mittlerer Bildfeldkrümmung noch unterkorrigirt; eine geringe Abstandsänderung würde genügen, einer anastigmatischen Bildfeldebenung beträchtlich näher zu kommen.

Rückblick auf den Stand der photographischen Optik in Deutschland.

Fassen wir zum Schlusse unsere Kenntniss vom Stande der heimischen photographischen Optik zusammen, so war ohne Frage die hohe Stellung in Theorie und Ausführung, die in Oesterreich zum Beginn der 40er Jahre durch J. PETZVAL und FR. VOIGTLÄNDER erreicht war, nach etwa 20 Jahren im deutschen Sprachgebiet nicht mehr aufrecht erhalten. Wohl sind hinsichtlich der Güte der Ausführung die PETZVAL-Objektive der VOIGTLÄNDER'schen Werkstätte — vielleicht für einige Zeit auch die der DIETZLER'schen — den englischen gegenüber konkurrenzfähig gewesen, was um so mehr für erstere spricht, als sie infolge des Vorhandenseins von

Fokusdifferenz bis 1858 Nachtheile hatten, die den konkurrirenden Objektiven nicht anhafteten, aber die unbedingte Ueberlegenheit in der Theorie war dahin, und derselbe Optiker, der nach J. PETZVAL's Daten hatte arbeiten dürfen, wandte sich um neue Ideen an einen TH. SUTTON.

Amateure auf dem Gebiete der auf Grund einfacher theoretischer Ueberlegungen konstruirenden Optik, wie wir sie um diese Zeit in England so zahlreich und innerhalb ihres Gebiets originell und erfolgreich an der Arbeit sehen, fehlen im deutschen Sprachgebiete ganz, und Fragen rein theoretischer Natur wird in irgendwie bedeutendem Umfange keinerlei Bedeutung geschenkt.

Die praktische Optik steht durchaus auf dem Boden des Tatonnements und sichtlich unter englischer Beeinflussung, die das einzige zu unserer Kenntniss gekommene Objektiv deutscher Herkunft nur zu deutlich verräth.

Es ist ein trübes Bild, und der tiefste Schatten darin ist der, dass die auch jetzt noch bedeutendste Kapacität der theoretischen Optik hoffnungslos und nicht ohne eigenes Verschulden brach lag; alles kam darauf an, die theoretische Schulung, die der deutschen gelehrten Optik doch immer noch in höherem Maasse eigen war, mit den Aufgaben der Praxis vertraut zu machen, und so mindestens die Fragen zu lösen, mit deren Beantwortung die englische tatonnirende Optik, wie unsicher und tastend auch immer, einen richtigen Anfang gemacht hatte.

2. H. A. Steinheil und seine Zeit.

a. Die Vorgeschichte der optischen Industrie in München.

In Deutschland war die photographische Optik ins Stocken gerathen, und abgesehen von dem Aufflackern des Interesses gelegentlich der Neuherausgabe von J. PETZVAL's Landschaftslinse hören wir von Fortschritten auf diesem Gebiete so gut wie nichts. Woran es lag, dass der Altmeister der rechnenden Optik sich in den 60er Jahren dieser Kunst so ganz versagte, ist heute mit Sicherheit nicht mehr zu ermitteln; wahrscheinlich lag es an seiner tiefen Verstimmung, und jedenfalls war von J. PETZVAL in dieser Hinsicht nichts mehr zu erlangen.

Der neue und für Jahre hinaus entscheidende Anstoss sollte von einer ganz anderen Seite kommen; doch wird es nöthig sein, dazu weiter auszuholen.

Die Münchener Fernrohroptik.

In München war, wie uns das E. VOIT berichtet, am 20. August 1804 das Mathematisch-mechanische Institut REICHENBACH, UTZSCHNEIDER und LIEBHERR unter der Mitwirkung JOSEPH UTZSCHNEIDER's [* 2. März 1763, † 31. Jan. 1840] gegründet worden. Letzterer befand sich nach Mittheilungen C. M. VON BAUERNFEIND's (*1.*) damals ohne Beschäftigung, da er von dem Kurfürsten MAX JOSEPH von Bayern auf politische Verdächtigungen hin 1801 in den Ruhestand versetzt worden war. In dieser unfreiwilligen Musse machte er die Bekanntschaft zweier Männer, die von grosser Wichtigkeit werden sollte. Der Artillerie-Officier GEORG REICHENBACH [* 24. Aug. 1772, † 21. Mai 1826] hatte sich nach seinem Aufenthalte in England, wo er mit grösseren Werkstätten zur Verfertigung mathematischer Instrumente bekannt geworden war, mit JOSEPH LIEBHERR [* 31. Dec. 1767, † 8. Okt. 1840], einem Münchener Uhrmacher und Mechaniker, zur Gründung einer ähnlichen Werkstätte verbunden. Beide Männer wurden mit J. UTZSCHNEIDER bekannt, und man entschloss sich nach längeren Verhandlungen zur Erweiterung der LIEBHERR'schen Werkstätte in München und zur Neugründung einer Zweiganstalt in Benediktbeuren, woselbst J. UTZSCHNEIDER die Anlagen eines aufgehobenen Klosters besass. Es ist nun ein bleibendes Verdienst desselben, nicht bloss von vornherein mit diesem Institut auf die Errichtung einer Pflanzschule für Feinmechanik hingearbeitet, sondern auch die Männer für die Leitung aufgefunden zu haben, ohne welche sich das Unternehmen nie zu der Grösse aufgeschwungen haben würde, welche es in der Folgezeit erreichte. Es waren dies in erster Linie JOSEPH FRAUNHOFER [* 6. März 1787, † 7. Juni 1826] und, wenn auch von minderer Bedeutung, P. L. GUINAND. Auf die sehr erfolgreichen Versuche zur Glasbereitung werden wir noch später zu sprechen kommen, hier interessirt uns vornehmlich die Thätigkeit J. FRAUNHOFER's hinsichtlich der Bearbeitung des Glases.

Das Poliren nach Probeglas.

Wir sind durch die ausführliche Schrift ERNST VOIT's über die verschiedenen von J. FRAUNHOFER angegebenen Vorrichtungen unterrichtet, welche das tadellose Schleifen, Poliren und Centriren der Linsen ermöglichten, und welche sich wenigstens zum Theil bei der Firma MERZ im Gebrauch erhielten. Darunter gehörte im besonderen das „Poliren nach Probeglas“, das nach E. VOIT (*5.*) wesentlich im Folgenden besteht:

„Legt man auf ein Probeglas, das für eine herzustellende konvexe Fläche „konkav, für eine konkave Fläche konvex, und zwar mit einem etwas, aber „nur sehr wenig verschiedenen Radius ausgeführt ist, die Linse mit der zu „prüfenden Fläche, so erscheint im reflektierten Licht an der Auflagerungsstelle

„ein dunkler Fleck, der von einer Reihe konzentrischer, farbiger Ringe (den „NEWTON'schen Farbenringen) umgeben ist. Wenn das Probeglas richtig her„gestellt, so lässt sich jeder Fehler der zu prüfenden Linsenfläche an der „Unsymetrie der Ringe erkennen und auch grössere Linsenflächen als die „Ausdehnung des Probeglases sind dadurch zu prüfen, dass beim Verschieben „der Linse gegen das Probeglas die Gestalt der Ringe immer die gleiche blei„ben muss. Jede Aenderung gibt einen Gestaltfehler an, der nun durch „Nachpolieren gehoben werden kann. Diese Prüfungsmethode, deren Genauig„keit in den Grenzen der Wellenlänge des Lichtes bleibt, also etwa 1/10000 „eines Millimeters beträgt, ist auch heute noch in den meisten optischen „Werkstätten, in einigen freilich in etwas abgeänderter Form im Gebrauche."

Nach J. FRAUNHOFER's am 7. Juni 1826 erfolgtem Tode wurde, wie L. LOEWENHERZ (*2. 415.*) angab, die Leitung des nach C. M. v. BAUERNFEIND (*1. 23.*) am 7. Febr. 1809 gegründeten „Optischen Instituts" zweien seiner langjährigen Gehilfen, GEORG MERZ und FRANZ JOSEPH MAHLER, übertragen, von denen sie der Erstere späterhin allein übernahm, wozu er als J. FRAUNHOFER's im Berechnen der Objektive geübter Ammanuensis besonders geeignet war. Dieses optische Institut beschäftigte sich hauptsächlich mit der Herstellung grosser astronomischer Fernrohre bis zu 379 mm (14 P. Z.)*) Oeffnung und besteht auch heute noch weiter.

Wenn nun auch in der That unter der Leitung von G. MERZ das Optische Institut die FRAUNHOFER'schen Methoden nach der wissenschaftlichen und technischen Seite hin in Anwendung erhielt, so scheint man sich doch dort in allen Stücken ängstlich an die Ideen des grossen Begründers gehalten und auch nicht einmal den Versuch gemacht zu haben, über dieselben hinauszugehen.

So ist denn der Wunsch des Königs MAXIMILIAN II. ganz erklärlich, das stagnirende Leben der Münchener Optik durch Zuführung neuer wissenschaftlicher Kräfte und erprobten Unternehmungsgeistes zu regeneriren, und man muss seine Wahl als eine äusserst glückliche bezeichnen.

Dieselbe fiel auf CARL AUGUST STEINHEIL [* 12. Okt. 1801, † 14. Sept. 1870].

C. A. STEINHEIL's Leben.

Dieser um die deutsche Optik so verdiente Mann war zu Rappoltsweiler im Elsass als Sohn eines Generalrentmeisters geboren. Mit einer hauptsächlich durch Privatunterricht begründeten und durch Verkehr mit wissenschaftlich interessirten Verwandten in Nancy und Tours geförderten Vorbildung erhielt er vom Lyceum in München das Zeugniss der Reife und bezog 1821 die Universität Erlangen, um darauf nach kurzem Aufenthalt in Göttingen, wo er

*) Siehe Anmerkung auf S. 88.

unter C. F. GAUSS arbeitete, nach Königsberg zu gehen, wo er FR. W. BESSEL's eifriger Schüler wurde und unter ihm auch 1825 mit einer Abhandlung über das Entwerfen von Specialkarten des Himmels promovirte. Nach dem nahe München gelegenen Gute seiner Eltern zurückgekehrt, beschäftigte er sich auch anhaltend mit optischen Rechnungen und mit dem Studium von J. FRAUNHOFER's Fernrohren. Er kam auch mit diesem selbst in Berührung und wurde von ihm noch kurz vor seinem Tode aufgefordert, in sein Optisches Institut einzutreten, ein Anerbieten, das er aber damals, wie auch nach dem Ableben J. FRAUNHOFER's, ablehnte. Dagegen liess er sich, nachdem er 1827 zum ausserordentlichen Mitglied der Münchener Akademie ernannt war, gern dazu bereit finden, die Prüfung einiger grosser, das Optische Institut verlassender Fernrohre vorzunehmen. Bereits 1832 finden wir ihn als ordentlichen Professor der Physik und Mathematik an der Münchener Universität sowie als Konservator der physikalischen Sammlung des Staates, welch' letztere Stellung früher J. FRAUNHOFER bekleidet hatte. Seine Beziehungen zu Göttingen lassen ihn an dem von C. F. GAUSS und W. WEBER 1833 konstruirten elektrischen Zeigertelegraphen Antheil nehmen, ein Interesse, das für seine Zukunft von Bedeutung werden sollte. Er selbst richtete 1837 eine telegraphische Leitung zwischen München und Bogenhausen ein, bei welcher Gelegenheit er die wichtige Entdeckung machte, dass man den Erdboden als Rückleiter benutzen könne. Seine weiteren Arbeiten jener Zeit auf den verschiedensten Gebieten sind uns hier von geringerem Interesse, als jene ersten photographischen Aufnahmen, mit denen er, wie wir (S. 246) sahen, schon im April 1839 auftrat. Im Jahre 1849 verliess er München, um in österreichischen Diensten dem Telegraphenwesen vorzustehen, eine Stellung, die er 1851 aufgab, um die Organisation dieses Dienstes in der Schweiz vorzunehmen, von wo er 1852 nach München zurückkehrte und seine Stellung als Konservator wieder einnahm.

Die Gründung der optisch-astronomischen Werkstätte.

Bald darauf trat der oben erwähnte Wunsch des Königs an ihn heran, dem er durch die Gründung der Optisch-astronomischen Werkstätte, die im Mai 1855 eröffnet wurde, entsprach. Er selbst ging in dem neuen Wirkungskreise ganz auf und liess in technischer Beziehung die Traditionen J. FRAUNHOFER's wieder aufleben, während er in wissenschaftlicher Hinsicht seine eigenen Ideen zur Ausführung brachte.

Gleich von vornherein wurde er in seiner Beschäftigung von seinem Sohne HUGO ADOLPH unterstützt, welcher, wie es scheint,

die numerischen Rechnungen auszuführen hatte. Die wissenschaftliche Initiative hat aber in dieser Zeit der Vater ganz allein angegeben, was bei dem jugendlichen Alter des Sohnes auch nicht wunderbar ist. So erscheint er in den ersten Publikationen ausschliesslich als Autor, und erst ganz allmählich, zunächst in Gemeinschaft mit dem Vater, sehen wir auch den Sohn als Verfasser auftreten.

Die Verbesserung der Fernrohrobjektive.

Die Arbeiten der ersten Jahre behandeln fast ausschliesslich Verbesserungen an Fernrohrobjektiven, auf die wir hier nicht einzugehen haben, und es sollte noch zehn Jahre dauern, bis die Firma mit dem ersten, wieder auf Grund von Rechnung in Deutschland neu konstruirten photographischen Objektive an die Oeffentlichkeit trat.

Es könnte das wunderbar erscheinen, da, wie wir sahen, gerade in den Jahren nach 1857, dem Jahre der Neuherausgabe des PETZVAL'schen Landschaftsobjektivs, entschieden eine, besonders in England sehr lebhafte, Nachfrage nach verzeichnungsfreien Objektiven bestand. Der Grund dafür ist wohl darin zu suchen, dass das photographische Objektiv mit seinem grossen Gesichtsfeld dem an die Erfordernisse der Fernrohroptik gewöhnten Rechner Aufgaben stellte, die von den altgewohnten vollständig abwichen. Es war das die Auffindung von Regeln für die Bestimmung des Bildpunktes ausser der Axe. A. STEINHEIL hat selbst (*4. 291.*) mitgetheilt, dass die Bestimmung des „Astigmatismus, Kugelgestaltfehler ausser der Axe und Form der Bildfläche“ ihm erst durch die von L. SEIDEL entwickelten Formeln möglich wurden.

Bevor wir aber auf diese für unsere Aufgabe wichtige Persönlichkeit näher eingehen, wollen wir die Vorgeschichte der Optisch-astronomischen Werkstätte unter C. A. STEINHEIL weiter verfolgen.

Die Absicht, die Fabrikation auch der photographischen Objektive aufzunehmen, bestand schon längere Zeit und veranlasste C. A. STEINHEIL, sich wegen der dazu erforderlichen Formeln an L. SEIDEL zu wenden, zu dem er seit langer Zeit in Beziehung stand. Wir werden später sehen, in welcher Weise dieser Anregung Folge geleistet wurde. Im nächsten Jahre, 1865, erschien eine aus der Feder C. A. STEINHEIL's stammende Abhandlung und ein Nachtrag zu derselben (*2.*), welche auf die SEIDEL'sche Arbeit noch nicht zurückgehen; sie sind für uns, obwohl von photographischen Objektiven nur beiläufig die Rede ist, doch von Wichtigkeit, weil sie uns Aufschluss geben über die Entstehung ge-

wisser, in der STEINHEIL'schen Anstalt angenommener Anschauungsweisen.

Die Korrektionsbedingungen für Systeme endlicher Oeffnung.

Ausgehend von der Frage, warum die Anwendung der GAUSS'schen Regel zur Bildkonstruktion unter Berücksichtigung der axenbenachbarten Strahlen sofort versage, wenn endliche Winkel in Frage kommen, wird die Antwort durch den Hinweis auf die sphärischen Aberrationen gegeben, und die Forderung aufgestellt, dass sowohl die Hauptpunkte als auch die Brennpunkte in dem betrachteten System aberrationsfrei für die ganze Oeffnung sein müssten. Diese Forderung führt zur Aufstellung von 11 Bedingungsgleichungen, wenn auch die chromatische Korrektion berücksichtigt wird.

Die daselbst mitgetheilten Objektivtypen nehmen nun in erster Linie Bezug auf die Fernrohroptik, und ihre Leistungen werden auch stets mit denen des aus dem FRAUNHOFER'schen Optischen Institut hervorgegangenen Königsberger Heliometerobjektivs verglichen. Da zeigt sich denn, da die Kardinalpunkte orientirt werden in Bezug auf die Mitte der Hauptpunktsentfernung, des Interstitiums, dass eine grosse Vereinfachung der Rechnung eintritt, wenn man auch das Objektiv symmetrisch zu diesem Punkte anordnet. Es brauchen dann diese Daten nur auf der Bild- oder der Objektseite festgestellt zu werden, da sie von denen der anderen Seite nur durch das Zeichen verschieden sind.

Durch geeignete Wahl der Glasarten ergaben sich nun folgende symmetrische Typen:

1. Zweifach verkitteter symmetrischer Typus Flint-Crown-Flint, sphärisch korrigirt für eine relative Oeffnung von 1 : 2.7.
2. Typus Flint-Crown-Flint, Flintlinsen randaufliegend.
3. Vierfaches Objektiv, Typus Flint-Crown-Crown-Flint mit einem Oeffnungsverhältniss von 1 : 3.8 bezw. 1 : 5.7.

Bei dem ersten und letzten dieser Fälle ist die Verwendung als Photographenobjektiv wenigstens erwähnt, und es wird auf die Grösse der Zonen hingewiesen, welche bei dem Oeffnungsverhältniss von 1 : 2.7 sehr beträchtlich sind und daher nach diesem Typus die Ausführung nur kleiner Objektive gestatten. Bei dem dritten Typus sind die Zonen beträchtlich kleiner und verschwinden für die Rechnung mit fünfstelligen Logarithmen, wenn man die relative Oeffnung auf 1 : 5.7 reducirt.

Was nun die Fehler ausser der Axe angeht, so sollten dieselben dann verschwinden, wenn der vordere Brennpunkt und Hauptpunkt des Systems aberrationsfrei wären. Besondere Beachtung wird der Frage nach der Verzeichnung im Nachtrage geschenkt und für die Aufhebung derselben nicht nur die Erfüllung der füher formulirten Bedingungen gefordert, sondern auch das Zusammenfallen der beiden Hauptpunkte verlangt, sodass dann eine symmetrische Konstruktion auch symmetrisch zu diesem Hauptpunkte liegen würde.

Diese letzten Ansichten erfuhren schon durch H. ZINCKE gen. SOMMER (*Z. 69.*) im Jahre 1870 einen Widerspruch, der sich besonders gegen die Forderung eines gemeinsamen Hauptpunktes wendet.

Das vorher von C. A. STEINHEIL ausgesprochene Postulat aberrationsfreier Hauptpunkte zur Hebung der Verzeichnung ist bei symmetrischen Objektiven ein gerechtfertigtes, da diese in der Mitte abgeblendet zu werden pflegen, und die Pupillenorte dann mit den Hauptpunkten zusammenfallen, welche zugleich auch die Knotenpunkte des Systems sind.

Das Periskop.

Noch in demselben Jahre erschien das erste photographische Objektiv der Optisch-astronomischen Werkstätte, das Periskop (von *περισκοπέω = umherblicken*), auf dem Markt. Es war das ein symmetrisches Objektiv mit Mittelblende ohne chromatische Korrektion, da es aus einfachen Crownglasmenisken bestand. Radien, Dicke und Blendenabstand waren durch Rechnung so bestimmt, dass das Bild möglichst eben wurde und beide Hauptpunkte zusammenfielen. Der Linsendurchmesser war, wie C. A. STEINHEIL (*4.*) in einem gleichzeitigen Schreiben angab, so gewählt, dass ein Bildwinkel von 90° ermöglicht wurde. In dieser Bestimmung der Konstruktionselemente bestand die Neuheit; darin eben, dass man im Stande war, unter den vielen Möglichkeiten derartiger symmetrischer Objektive sich das mit den geringsten Fehlern behaftete herauszusuchen, lag das Eigenthümliche dieses Versuchs. Der Typus selbst war alt und man kann ihn bis 1844, auf G. S. CUNDELL (*2.*), beziehentlich noch weiter bis auf TH. ROSS (*5.*), in die ersten Tage des Daguerreotypverfahrens zurückverfolgen. In diesem Sinne wird man also zu den Prioritätsreklamationen des letzteren Stellung zu nehmen haben.

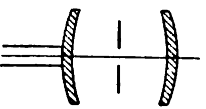


Fig. 109, s. Taf III.
A. STEINHEIL: Periskop.
Quelle: J. M. EDER. *1. 146.*
Reducirt auf $f_D = 100$ mm.
Relative Oeffnung 1 : 40; durchgerechnet für $\omega = 46^0$.
Radien r_ν, Dicken d_ν und Entfernungen b_ν in Millimetern auf der Axe gemessen.

$r_1 = r_4 = 17.5$
$d_1 = d_2 = 1.3$
$r_2 = r_3 = 20.8$
$b_1 = b_2 = 6.3$

Glasart n_D.
$L_1 = L_2 = 1.5233$.

Die Oeffnung des Systems war klein, da sonst die chromatischen Fehler sich allzusehr bemerkbar gemacht haben würden. So giebt C. A. STEINHEIL (*4.*) die Dimensionen eines Mitte 1865 ausgeführten Periskops an auf f = 379 mm (14 Par. Z., die in der STEINHEIL'schen Werkstätte gebräuchlich waren), Linsendurchmesser = 42.9 mm (19 P. L.) und 9.03 mm (4 P. L.) Blendendurchmesser, was bei Berücksichtigung der scheinbaren Grösse desselben ziemlich genau eine relative Oeffnung von 1 : 40 ergiebt. Wegen der Fokusdifferenz musste nach Vornahme der optischen Einstellung der Abstand zwischen Objektiv und lichtempfindlicher Schicht verkürzt werden, und zwar bei Einstellung auf weit entfernte Gegenstände um etwa den vierzigsten Theil der Brennweite. Die Korrektion der schiefen Büschel zeigt Herbeiführung von Ebenung im übertragenen Sinne, aber starken Astigmatismus, der indessen durch die Stärke der Abblendung verdeckt worden sein wird.

Die Aufnahme des Periskops durch FR. VOIGTLÄNDER und E. BUSCH.

Die Neukonstruktion machte viel Aufsehen, da sie in der That hinsichtlich der Schärfe mit den Kugelobjektiven wetteifern konnte und denselben vielleicht nach der Grösse des Bildfeldes hin überlegen war. C. A. STEINHEIL (*3.*) hielt sie für wichtig genug, sie durch ein englisches Patent schützen zu lassen. Sogar FR. VOIGTLÄNDER erwarb 1865 die Fabrikationslicenz von A. STEINHEIL (*1.*).

Ein ernsterer Kampf scheint nur, wie wir aus dem Vortrage von OTTO VOGET, einem Wiener Rechnungsbeamten und Mitgliede der photographischen Gesellschaft daselbst, entnehmen, mit dem ungefähr gleichzeitig oder etwas später eingeführten Pantoskop von E. BUSCH geführt worden zu sein, einem Objektivtypus, dem etwas grössere Schärfe und ein grösserer Bildwinkel bei chromatischer Korrektion eigen waren. Die Polemik war so heftig, dass sich C. A. STEINHEIL (*5.*) genöthigt sah, berichtigend aufzutreten. Wie lange diese Rivalität währte, lässt sich nicht mehr feststellen, aller Wahrscheinlichkeit nach lag aber schon vom nächsten Jahre ab der Leitung der Optisch-astronomischen Werkstätte nur noch wenig an der ersten Konstruktion, die sie durch die glänzenden Leistungen des Aplanaten selbst in den Schatten stellte.

Bemerkenswerth ist in der Erwiderung C. A. STEINHEIL's die Stelle, an welcher er auf die Tiefe zu sprechen kommt; er macht darauf aufmerksam, dass diese Eigenschaft abhängig sei einmal von der bei der Aufnahme verwandten Oeffnung und dann auch von der absoluten Länge der Brennweite.

b. A. Steinheil's Konstruktionen.

Noch in demselben Jahre, 1865, ging die Werkstätte durch Kauf aus dem Besitze C. A. STEINHEIL's in den seiner beiden Söhne über, die sie unter der Firma C. A. STEINHEIL SÖHNE optisch-astronomische Werkstätte, weiterführten. Für uns hier ist von Bedeutung der schon erwähnte HUGO ADOLPH STEINHEIL [* 12. April 1832, † 4. Nov. 1893].

A. STEINHEIL's Leben.

In München geboren, besuchte er, wie uns J. M. EDER (*1. 45*) berichtet, das Gymnasium daselbst und in Augsburg, um Ende der 40er und Anfang der 50er Jahre zuerst am Münchener, dann am Wiener Polytechnikum und an der Wiener Universität zu studiren. Er hörte an letzterer mathematische Vorlesungen bei J. PETZVAL. An einen Zusammenhang A. STEINHEIL's mit J. PETZVAL in der Optik, etwa wie als Schüler zum Lehrer, ist indessen nicht zu denken; abgesehen davon, dass A. STEINHEIL sich damals noch gar nicht dem Specialfache der Optik zuwenden wollte, sprechen auch innere Gründe auf beiden Seiten gegen eine solche Annahme, die hier, da sich der direkte Beweis der Unrichtigkeit dieser Annahme erbringen lässt, nicht weiter ausgeführt zu werden brauchen.*)

*) In dieser meiner, hauptsächlich auf die inneren Gründe gestützten Ueberzeugung wurde ich durch einen liebenswürdigen Brief des Herrn

Nach kurzer Thätigkeit als Telegraphenassistent, 1851—52, kehrte er im letzteren Jahre nach München zurück. Ueber sein Leben in der Zeit von 1852—55 sind wir nicht näher unterrichtet, es heisst nur, dass er sich mit Rechenarbeiten beschäftigte. Seine Promotion fällt in das Jahr 1858 und seine Arbeit führt den Titel: „Tafeln zur Entnehmung der Radien von Fernrohrobjektiven, deren „innere Flächen in einander passen."

Seine Rechenarbeiten wurden, soweit wir urtheilen können, wohl auch noch weiterhin von seinem Vater geleitet und zwar wohl nach dem von FR. W. BESSEL publicirten Muster der Durchrechnung des Königsberger Heliometerobjektivs, einer Arbeit, die C. A. STEINHEIL nach seinem ganzen Studiengange naturgemäss nahe lag. Auch die GAUSS'sche Theorie wurde, wie wir schon sahen, in grossem Umfange berücksichtigt, und nach A. STEINHEIL (*4.*) wurden auch die theoretischen Arbeiten von J. B. BIOT und J. PETZVAL eingesehen.

Zuziehung L. SEIDEL's.

Es gelang indessen nicht, andere als in der Axenebene befindliche Strahlen trigonometrisch durch das System zu verfolgen und so eine Vorstellung von den Fehlern des Astigmatismus und ihrer Korrektion auf Grund von Ergebnissen der Rechnung zu erhalten, bis sich C. A. STEINHEIL an seinen Freund LUDWIG PHILIPP SEIDEL [* 24. Okt. 1821, † 13. Aug. 1896] wandte, der als Professor der Mathematik zur Lösung dieser Aufgabe geeignet erschien.

L. SEIDEL's Behandlung der sphärischen Aberrationen im engeren Sinne.

L. SEIDEL hatte sich schon seit längerer Zeit mit Forschungen über die Theorie der Objektive beschäftigt.

Seine erste Arbeit (*1.*) geht zurück auf das Jahr 1853, wo er von FR. W. BESSEL's Durchrechnung des Heliometerobjektivs ausgehend und unter Bezugnahme auf die klassische Arbeit C. F. GAUSS' die Formeln veröffentlicht, welche die sphärische Axenaberration erster Ordnung eines beliebigen chromatisch korrigirten Systems berücksichtigen, d. h. in denen erst die 4. Potenzen der mit der Axe gebildeten Winkel vernachlässigt werden. Der grosse Fortschritt, der durch diese Arbeiten eingeleitet ist, besteht darin, dass durch zweckmässige Wahl der eingeführten Hilfsgrössen (nicht der intermediären Vereinigungsweiten, sondern Grössen, die den successive auftretenden Schnitt-

---

R. STEINHEIL vom 7. Januar 1899 befestigt, in dem der obige Beweis beigebracht ist. Es heisst in demselben wörtlich: „Mein Vater ist keineswegs ein „Schüler PETZVAL's *„in opticis"*. Wenn in einem Nekrolog, wie ich glaube, „angegeben ist, er sei ein Schüler PETZVAL's gewesen, so bezieht sich das lediglich darauf, dass er im Jahre 1849 in Wien bei PETZVEL mathematische Vor„lesungen, wenn ich nicht irre *„Analysis"* hörte. Zu jener Zeit in Wien hat „mein Vater sicher nicht daran gedacht, dass er sich einmal der Optik widmen „würde, denn damals war mein Grossvater ganz mit Telegrapheneinrichtungen „beschäftigt, zu denen er auch meinen Vater heranzog."

höhen und Axenwinkeln proportional sind), die Entwicklung von den sonst auftretenden Kettenbrüchen frei wird.

In einer späteren Arbeit (*2.*) benutzte er dieselben Hilfsgrössen zur einfachen Bestimmung der Lage des aus einem System austretenden Strahls, wenn der eintretende und die Systemelemente bekannt sind, und verwandte die sich ergebenden einfachen Beziehungen im speciellen zur Entwicklung der Bedingungen für bestimmte chromatische Korrektionen.

Die fünf SEIDEL'schen Abbildungsfehler.

Zu einem gewissen Abschluss brachte er diese Arbeiten durch eine Veröffentlichung (*3.*) vom Jahre 1856, die unter die klassischen Arbeiten der geometrischen Optik gezählt werden muss.

In weiterer Verfolgung der in seinen vorhergehend aufgeführten Arbeiten benutzten Methode wird nunmehr ganz allgemein die Lage des austretenden Strahles aus den Hilfsgrössen und den Elementen des eintretenden abgeleitet und in einer Form dargestellt, welche es erlaubt, die kleinen Aenderungen (Bildfehler) auf der Bildseite zu übersehen, welche bei dem Bilde eines ausseraxialen Punktes infolge der Brechungen sowohl in der Richtung auf die Axe (Fehler im Radiusvektor) als auch in der seitlich dazu (Fehler im Polarwinkel) entstehen. Dabei ergiebt sich das eigenthümliche und sehr wichtige Resultat, dass die komplicirt gebauten Ausdrücke dieser Fehlerarten abhängig sind von fünf verschiedenen Summen derart, dass die oben erwähnten Fehler dann und nur dann verschwinden, wenn diese Summen sämmtlich gleich Null werden, die ihrerseits nur von den Konstanten des Instruments und der Objektentfernung abhängig sind.

Verschwinden diese Summen nicht, so ist das untersuchte Linsensystem eben nicht fehlerfrei, und es ist von Interesse, die Einflüsse näher kennen zu lernen, welche jeder dieser fünf Summen als einem typischen Abbildungsfehler hinsichtlich der Richtigkeit der Abbildung inne wohnen.

Die zu diesem Zwecke transformirten Ausdrücke, die fünf Abbildungsfehler, seien nach L. SEIDEL's Vorgang mit S_1, S_2, . . S_5 bezeichnet, alsdann ist:

$S_1 = 0$ der algebraische Ausdruck für das Vorhandensein sphärischer Korrektion in der Axe bei bestimmter Objektentfernung,

$S_2 = 0$ ist der algebraische Ausdruck für die Sinusbedingung, der Bedingung dafür, dass auch für axennahe Punkte noch eine deutliche Abbildung zu Stande kommt, nach L. SEIDEL auch in (*6.*) als FRAUNHOFER'sche Bedingung aufgeführt.

Bestehen beide Gleichungen gleichzeitig, so ist Astigmatismus vorhanden, d. h. von einem ausseraxialen Objektpunkte entsteht in zwei achsensenkrechten Bildebenen einmal eine radial und einmal eine tangential gerichtete kleine Brennlinie. Verändert der Objektpunkt seine Entfernung von der Axe, so werden im allgemeinen die beiden ihm entsprechenden Bildlinien nicht in denselben axensenkrechten Ebenen liegen; mit anderen Worten: Besteht gleichzeitig $S_1 = 0$ und $S_2 = 0$, so existirt im allgemeinen kein Bild einer axensenkrechten Objektebene, aber es lassen sich zwei um die Axe konstruirte Rotationsflächen finden, durch deren Berührungspunkt die Axe geht, derart, dass in der einen alle Objektpunkte durch kleine Linien dargestellt sind, die nach der Axe zielen, in der andern durch

Linien, die in tangentialer, d. h. zu der ersten senkrechter Richtung verlaufen.

Wird nun noch, also unter Festhaltung der beiden eben aufgeführten Bedingungen,

$S_3 = 0$, so fallen die beiden Rotationsflächen zusammen, und es entsteht nunmehr von der Objektebene ein in eine Rotationsfläche fallendes, scharfes Bild.

$S_4 = 0$ ist die Bedingung dafür, dass diese Bildfläche zur Ebene wird, Sie ist gleichbedeutend mit der von J. Petzval 1843 ausgesprochenen Gleichung

$$\frac{1}{R} = \sum_{\varkappa=1}^{m} \frac{1}{n_\varkappa f_\varkappa},$$

und auch L. Seidel macht auf die Bedeutung aufmerksam, welche diese allgemeine Beziehung der Brechungsexponenten und der Brennweiten der Einzellinsen zu der Krümmung der Fläche deutlicher Abbildung hat. Diese Beziehung hat aber, wie er ausdrücklich hervorhebt, nur dann einen Sinn, wenn durch den Apparat irgendwo ein wirkliches Bild entworfen wird, d. h. wenn sowohl S_1 als S_2 als S_3 für sich verschwinden; an und für sich ist das Bestehen der Petzval'schen Gleichung ohne jede Bedeutung.

Wird nun auch

$S_5 = 0$, so verschwindet der letzte Fehler dritter Ordnung, welcher dem System noch anhaften konnte, nämlich der der Verzerrung.*)

Schliesslich hebt L. Seidel noch die Unmöglichkeit hervor, einen Apparat zu konstruiren, welcher für jede Objektentfernung ein innerhalb der 3. Potenzen der Winkel richtiges Bild liefere, wenn man von Fällen ohne grosse praktische Bedeutung, wie Systemen von unendlich langer Brennweite und ebenen Spiegeln, absehe. Die eine der zur Erfüllung der obigen Forderung nöthigen Bedingungen, welche aussagt, dass eine Aenderung in der Objektentfernung möglichst geringe sphärische Aberrationen im Gefolge habe, die Herschel'sche nämlich, kollidirt mit der Fraunhofer'schen, $S_2 = 0$, und lässt sich nur in ganz speciellen Fällen mit ihr vereinigen; unter diese gehört der, dass mit einem sonst gut korrigirten Objektiv eine Reproduktion in gleicher Grösse gemacht werden soll.

Auf die Möglichkeit der Erfüllung seiner fünf Abbildungsgleichungen kommt er auch zu sprechen und hebt, meines Wissens als erster, die Unmöglichkeit hervor, mit Glasarten, welche mit stärkerer Brechung auch die stärkere Zerstreuung verbinden, die Bedingung der Bildebenung zu erfüllen, da dann die wichtigere Bedingung der chromatischen Korrektion der Forderung anastigmatischer Bildebenung widersprèche (S. 393.).

L. Seidel's Stellung zu J. Petzval in der Geschichte der phot. Optik.

Bevor wir weitergehen, müssen wir noch mit einigen Worten auf die Stellung des eben behandelten Mannes zu J. Petzval zu sprechen kommen. L. Seidel nahm insbesondere durch seine letzte

---

*) Auf die weitere Fortführung und den Ausbau der Seidel'schen Arbeit durch S. Finsterwalder: „Die von optischen Systemen grösserer Oeffnung und grösseren Gesichtsfeldes erzeugten Bilder“ Abh. Münch. Akad. 1891. **17.** 519—587, kann nach der Natur dieser Schrift nur hingewiesen werden.

Abhandlung die Untersuchungen auf, mit welchen J. PETZVAL 1839/40 begonnen hatte; sein Weg war der gewesen, unter Voraussetzung kleiner Axenwinkel die Strahlenvereinigung auf der Bildseite durch eine analytische Entwickelung zu finden. Nun besitzen wir leider die Theorie J. PETZVAL's nicht, wir wissen aber, dass er im Sommer 1840 im Besitze der Entwickelungen gewesen sein muss, welche die Glieder 3. Ordnung berücksichtigten. Der Beweis dafür wird, ganz abgesehen von seinen aus dem Jahre 1843 stammenden Aeusserungen, durch das praktische Resultat seiner damaligen Arbeiten, das Portraitobjektiv, geliefert. Wie es scheint hat ihn niemand in dieser Verwerthung der Theorie zur praktischen Berechnung von optischen Systemen erreicht, und auch die Arbeit L. SEIDEL's ist für diesen Zweck nicht verwandt worden.

Es ist möglich, dass man sie zur Prüfung der Fehler vorhandener Objektive benutzte, aber es sieht nicht so aus, als wäre sie zur Berechnung neuer, in gewisser Hinsicht fehlerfreier Systeme gebraucht worden; jedenfalls war L. SEIDEL (*4.*) genöthigt, auf Ansuchen seines Freundes C. A. STEINHEIL an die Aufstellung von trigonometrischen Formeln für die Verfolgung eines beliebigen Strahls durch ein vorgelegtes System von Linsen zu gehen.

L. SEIDEL's Formeln für die trigonometrische Verfolgung eines windschiefen Strahls.

Die Formeln wurden von L. SEIDEL (*5. 87.*) 1865 an A. STEINHEIL gegeben und von diesem bei der Berechnung von Aplanaten verwandt, im Jahre darauf aber, abweichend von der Geheimnisskrämerei J. PETZVAL's, in den *Sitzungsberichten der Münchener Akademie* veröffentlicht.

Mit der Anwendung derselben ging man zurück auf die Methode J. FRAUNHOFER's, und berücksichtigte durch die trigonometrische Rechnung allerdings Neigungswinkel beliebiger Grösse, aber man nahm auch die Erschwerung auf sich, die Aufgabe nicht mehr in einer so übersichtlichen Weise zu behandeln, wie der Analytiker, welcher eher im Stande ist, auf Grund seiner präcisen Definitionsgleichungen das mit vorgeschriebenen optischen Mitteln erreichbare Maximum der Wirkung, mindestens theoretisch, zu bestimmen.

Und so sehen wir denn L. SEIDEL in der That eine nach zwei Seiten hin wichtige Stellung in der rechnenden Optik einnehmen, indem er einmal ganz selbständig J. PETZVAL's Arbeitsmethode wieder aufnahm und in grösster Strenge durchführte, andrerseits aber die trigonometrischen Formeln für den allgemeinsten Fall der Verfolgung eines zur Axe windschiefen Strahls aufstellte und dadurch die Entwickelung der rechnenden Optik, also auch die Aus-

bildung so leistungsfähiger Vertreter dieser Richtung, wie es A. STEINHEIL war, in jener Zeit erst ermöglichte.

α. Die lichtschwächeren Objektive A. Steinheil's.

Die Berechnung des Aplanaten.

Kehren wir nun wiederum zu A. STEINHEIL zurück, so hat derselbe, nach späteren Angaben (*13.*), unmittelbar nachdem er die Formeln erhalten hatte, also gleich im Winter 1865/66, mit der Berechnung des Aplanaten begonnen, ein Unternehmen, in dessen Durchführung er durch die rückhaltslose Zustimmung D. VAN MONCKHOVEN's, den er inzwischen kennen gelernt hatte, jedenfalls noch bestärkt wurde.

Der Typus, den er wählte, war der eines holosymmetrischen Objektivs, wie es das Periskop ja auch schon gewesen war. Ueber die beste Reihenfolge der Gläser war er durch die Fernrohrrechnungen, bei denen eine von der hier gewählten nicht stark abweichende Anordnung eine wichtige Rolle gespielt hatte, schon genügend orientirt. Es mag auch sein, dass die von L. SEIDEL (*5. 79.*) allerdings erst für eine spätere Zeit angegebene Ueberlegung auch schon 1865/66 eine Rolle spielte, dass nämlich einem symmetrischen, für unendliche Objektentfernung sphärisch und chromatisch korrigirten System derselbe Korrektionszustand auch zukommt, wenn der Objektpunkt sich im vorderen Brennpunkte befindet. Mithin würden diese Eigenschaften auch für dazwischen liegende Objektpunkte in einer gewissen Annäherung gelten.

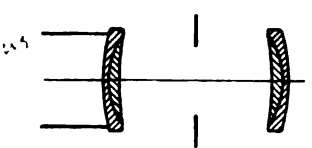


Fig. 110, s. Taf. II.
A. STEINHEIL: Aplanat, 1. Form.
Quelle: J. M. EDER. *1. 71.*
Reducirt auf $f_D = 100$ mm.
Durchgerechnet für 1 : 8 und $\omega = 22°$.
Radien r_ν, Dicken d_ν und Entfernungen b_ν in Millimetern auf der Axe gemessen.

$r_1 = r_6 = 25.3$ $d_1 = d_4 = 0.8$
$r_2 = r_5 = 10.4$ $d_2 = d_3 = 1.3$
$r_3 = r_4 = 35.9$ $b_1 = b_2 = 10.1$

Glasarten n_D.
$L_1 = L_4 = 1.61603$
$L_2 = L_3 = 1.58329$

Im Sommer 1866 wurde der Aplanat fertig gestellt und nach A. STEINHEIL (*13.*) am 12. Nov. 1866 ein bayrisches Patent genommen. Die Konstruktion errang sich bald allgemeine Anerkennung, da sie thatsächlich das Instrument war, nach dem in weiten Kreisen ein lebhaftes Bedürfniss bestand. Wenn auch nicht so lichtstark und nicht ganz so zonenfrei, wie das PETZVAL'sche Portraitobjektiv, war der Aplanat doch für die übrigen Zwecke des Photographen sehr gut geeignet und der anderen PETZVAL'schen Konstruktion so-

wohl in der sphärischen Korrektion, als auch hinsichtlich der Grösse des brauchbaren Gesichtsfeldes, der für alle praktischen Zwecke völlig erreichten Verzeichnungsfreiheit und der geringeren Zahl reflektirender Flächen ausserordentlich überlegen.

Brief A. STEINHEIL's an TH. ROSS.

Guten Aufschluss über die damals nachgesuchten Patente giebt der nachstehend wiedergegebene Brief A. und E. STEINHEIL's an TH. ROSS, dessen Publikation die betreffenden Nachfolger mir gütigst gestatteten. Dass TH. ROSS das Patent nicht übernahm, ist schon aus der Geschichte der englischen Optik bekannt; hier sind aber noch die Anschauungen von Interesse, die A. STEINHEIL in jener Zeit über die sphärische Korrektion hegte, und die wir nur etwas später (7.) durchaus gleichartig vertreten finden. Auch die Prüfungsmethode durch Okularbeobachtung des vom Objektiv entworfenen Bildes verdient Beachtung. Die durch Punkte angedeuteten Auslassungen beziehen sich auf Preisangaben.

Munich, 2. March 1867.

Sir!

„*I beg to inform you, that I have sent you a case containing 3 sorts of „the new Aplanatic photographic apparatus . . . As my means are limited, I „have taken out patents only for France, Austria and Bavaria. I should there„fore be obliged to you, if you would undertake to take out patents and to pro„vide for the sale for those countries where English is spoken. I make this „application to you, having heard from Dr. van Monckhoven that you would „have no objection to undertake this businesse and I. shall therefore be obliged „to you, if you would inform me, what your conditions would be, supposing that „you were to take this affair in hand . . . Nothing has been published till, now „regarding this new apparatus, nor have sold any of them, but I have sent 3 to „the Paris-exhibition. I intend to mount them in the same manner as the lar„ger apparatus I have sent to you.*

„*The following are some remarks concerning the apparatus: The construction „is only possible for particular sorts of glass. The image produced by the op„tical rays is not so good as that, produced by the chemical ones. For the „chemical rays the spherical aberration is entirely compensated, for the optical „ones it is not quite compensated. If you make an experiment with a star, „you will find, that the disk appears worse when the eye-piece is drawn out, „than when it is pushed in. The optical rays striking the margin of the objec„tive, have a shorter focus, those nearer the axis have a longer focus, than the „chemical rays, which are closely united. This affords the advantage, that you „can choose a diaphragma (the greatest of those I have sent you) with which the „chemical and optical rays require the same arrangement (Einstellung), and you „must therefore always employ the great diaphragma, even if you wish to photo„graph with the smallest diaphragma.*

I remain

Your Obedt Servt

Firma: C. A. Steinheil

Dr. Adolph Steinheil

Eduard Steinheil“

Wie mit einem Schlage war der gute Ruf der deutschen, auf Grund theoretischer Erwägungen konstruirenden Optik auch im Auslande wieder hergestellt, und die Zeit ging vorüber, da Neuerungen auf dem Gebiete der photographischen Optik einzig und allein von England ihren Ausgang nahmen.

Und in der That war das Objektiv, so wie es uns in der Patentschrift entgegentritt, wohl der Bewunderung werth, welche ihm allseitig gezollt wurde. Der Aplanat war aus Paaren identischer Flintmenisken in symmetrischer Anordnung zur Blende so zusammengesetzt, dass das stärker brechende Medium nach aussen kam. Die relative Oeffnung betrug (*3.*) 1:8, wobei das brauchbare Bildfeld durch genügende Abblendung bis auf 90°*) gesteigert werden konnte. Ausserdem waren auch schon bei den ersten Aplanaten die Reflexbilder so gelegt, dass sie möglichst wenig störten. Einen ferneren Vortheil sah A. STEINHEIL in der grösseren Uebereinstimmung im Gange der Dispersion, welche die beiden Flintgläser im blauen und violetten Theile des Spektrums aufwiesen. Für praktischen Gebrauch des photographischen Objektivs kam aber nicht viel darauf an, ob wirklich mit der kleinen $\bar{\nu}$-Differenz eine Verminderung des sekundären Spektrums erreicht wurde; die feineren Anwendungen der Photographie, bei denen eine angenäherte Hebung des sekundären Spektrums erwünscht ist, wurden damals noch nicht geübt.

Die Verzeichnungsfreiheit wurde für praktische Verwendung völlig ausreichend mit der Symmetrie der Konstruktion begründet.

Was die Korrektionen angeht, so war die sphärische Aberration für die Oeffnung von 1:8 gehoben, der Maximalbetrag der durch die Zonen verursachten Längsaberration stieg bis auf etwa — 0.34 mm bei $f_D = 100$ mm. Der sehr nahe übereinstimmende Gang der Brennweitendifferenzen war durch die Symmetrie der Form von vornherein wahrscheinlich gemacht. Hinsichtlich der Korrektion der schiefen Büschel war für den betrachteten Bildwinkel von etwa 23° für die meridionalen Büschel eine nahezu vollständige Ebenung erzielt, die sagittalen kamen näher der Linse zur Vereinigung; doch überstieg die astigmatische Differenz bei dem angegebenen Winkel die Grösse von 3.5 mm nicht.

Bericht über Korrektionsmöglichkeiten und Modifikationen des Aplanaten.

Etwa ein Jahr nach der Herausgabe der Konstruktion, Anfang Juli 1867, liess A. STEINHEIL (*4.*) durch L. SEIDEL der Münchener

*) Hier liegt jedenfalls ein Druckfehler vor, und es muss vielleicht 60° heissen oder besser noch darunter. Der verhältnissmässig lange Bau wenigstens des in dem Beispiel angegebenen Objektivs macht einen Hauptstrahlwinkel von $2\omega = 90°$ unmöglich. Es stimmt damit gut überein, dass D. VAN MONCKHOVEN (*5. 189.*) einen Bildwinkel von 43° angiebt.

Akademie einen Bericht vorlegen, der für uns in verschiedenen Beziehungen von Wichtigkeit ist.

Er erklärt darin die gleichzeitige Hebung des Kugelgestaltfehlers ausser der Axe und des Astigmatismus für ein Bildfeld grosser Winkelausdehnung für ausgeschlossen, wenn das Bildfeld eben sein soll, während die Hebung beider Fehler nicht schwierig ist, wenn das Bild auf der Oberfläche einer Kugel liegen darf, die mit der Brennweite als Radius beschrieben ist.

Ein solches Objektiv ist das monocentrische, aus einer Crownglaskugel und zwei an sie gekitteten, koncentrischen Flintmenisken bestehende Objektiv, welches sphärisch korrigirt ist und seine Abblendung durch einen im Aequator der Kugel angebrachten Einschliff erhält. Dieser Typus ist, wie wir im Früheren wahrscheinlich machten, schon eher von I. Porro vorgeschlagen worden, doch hat dieser über den Zustand der sphärischen Aberrationen nichts verlauten lassen. A. Steinheil schlug ihn für Mikroskopzwecke vor und gab ihm bei einem Oeffnungsverhältniss von 1 : 4 eine Brennweite von 9.02 mm (4 P. L.).

Daneben werden noch zwei Typen des Aplanaten vorgeführt, und zwar ein dem in der Patentbeschreibung dargestellten ähnlicher, oder gar mit ihm identischer (Oeffnung 1 : 7, Bildfeld mit voller Oeffnung 36°, bei Abblendung auf 1 : 30 60°), und ein sogenannter Landschafts-Aplanat mit einer Oeffnung von 1 : 24 und einem ebenen Felde von 80° bei dieser Oeffnung, von 105° bei kleineren Blenden. Es wird erwähnt, dass bei dem letzteren Exemplar die Brechungsexponenten der beiden Flintgläser noch nicht 2/3 % von einander abwichen.

Eingehendere Auskunft über diese beiden Objektive zu geben, bin ich leider ausser Stande. Die von mir als Muster der verschiedenen Aplanatkonstruktionen aufgeführten, sämmtlich dem Eder'schen Handbuch entnommenen Typen liessen sich nicht mehr genau datiren. Das Datum ihrer Einführung ist anscheinend auch unbekannt.

Der Aplanat zweiter Form.

Der Aplanat 2. Form zeigte ein wenig weiter aus einander liegende Glasarten, als es bei dem Typus von 1867 der Fall war, und nach den Eigenschaften der alten Gläser ist damit wohl auch eine grössere $\bar{\nu}$-Differenz eingeführt worden. Eine zahlenmässige Kontrolle ist dafür nicht möglich, weil bei der ganzen Eder'schen Reihe nicht die Dispersionen (gelb-violett) selbst, sondern nur ihr Verhältniss in beiden Gläsern angegeben ist. Dieser Quotient $\frac{dn'}{dn}$ hatte im Typus von 1867 den Werth 1.213, hob sich aber in dem betrachteten auf 1.244.

Gleichzeitig ist eine sehr entschiedene Verkleinerung der sphärischen Aberrationsreste zu bemerken. Bei der relativen Oeffnung von 1 : 9.1, bei der die sphärische Aberration erreicht ist, beträgt hier die Längsaberration nur noch etwa — 0.12 mm, sodass man von einer fast vollständigen Aufhebung der Zonen reden kann. Hinsichtlich der Brennweitenlängen gilt die obige Be-

merkung hinsichtlich des angenähert gleichmässigen Ganges in gleicher Weise.

Die schiefen Büschel sind sehr ähnlich korrigirt, wie vorher, höchstens, dass bei geringerem Astigmatismus eine etwas beträchtlichere Bildfeldkrümmung auftritt; doch sind die Abweichungen sehr gering. Bei 30° Bildwinkel schneidet das Feld der meridionalen Büschel die im Nullpunkt errichtete axensenkrechte Ebene, während gegen die Schnittweite der sagittalen Büschel eine astigmatische Differenz von 7 mm bemerkbar wird.

Der Bau des ganzen Instruments ist ein etwas kürzerer geworden.

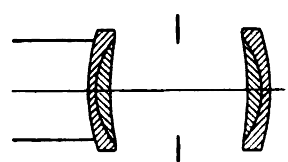


Fig. 111, s. Taf. II.
A. STEINHEIL: Aplanat, *2. Form.*
Quelle: J. M. EDER. *1. 73.*
Reducirt auf $f_D = 100$ mm.
Durchgerechnet für $1:7.7$ und $\omega = 30°$.
Radien r_ν, Dicken d_ν und Entfernungen b_ν in Millimetern auf der Axe gemessen.

$r_1 = r_6 = 26.3$
$d_1 = d_4 = 1.05$
$r_2 = r_5 = 11.0$
$d_2 = d_3 = 2.0$
$r_3 = r_4 = 38.3$
$b_1 = b_2 = 9.0$

Glasarten n_D.
$L_1 = L_4 = 1.61912$
$L_2 = L_3 = 1.58027$

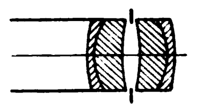


Fig. 112, s. Taf. II.
A. STEINHEIL: Landschaftsaplanat.
Quelle: J. M. EDER. *1. 76.*
Reducirt auf $f_D = 100$ mm.
Durchgerechnet für $1:10.5$ und $\omega = 30°$.
Radien r_ν, Dicken d_ν und Entfernungen b_ν in Millimetern auf der Axe gemessen.

$r_1 = r_6 = 19.0$
$d_1 = d_4 = 0.9$
$r_2 = r_5 = 8.3$
$d_2 = d_3 = 3.6$
$r_3 = r_4 = 23.3$
$b_1 = b_2 = 1.15$

Glasarten n_D.
$L_1 = L_4 = 1.61588$
$L_2 = L_3 = 1.58027$

Der Landschaftsaplanat.

Eine wesentliche Aenderung finden wir im Landschaftsaplanaten. Hier ist das Dispersionsverhältniss $\frac{dn'}{dn} = 1.216$ wieder etwa auf den ursprünglichen Betrag herabgesunken. Das Oeffnungsverhältniss ist, wenn die gesammte freie Oeffnung zu Grunde gelegt wird, auf $1:10.5$ gebracht.

Sphärische Korrektion ist für dieses Verhältniss nahezu vollständig erreicht, indessen beträgt die Maximalabweichung etwa — 0.38 mm, also ebensoviel wie bei der ersten lichtstärkeren Konstruktion. Es mag aber bemerkt werden, dass die Schädlichkeit solcher Reste schnell mit der Oeffnung abnimmt. Da die Abweichungen der Brennweitenlängen das gleiche Bild zeigen, wie die der Schnittweiten, so kommen wir gleich auf den Zustand der schiefen Büschel zu sprechen.

Es lässt sich hier das Bestreben erkennen, für einen grossen Winkel Bildfeldebenung im übertragenen Sinne herbeizuführen. Dies ist für einen Hauptstrahl-Axenwinkel von etwa 25° geschehen, wo eine astigmatische Differenz von 5.5 mm vorhanden ist, die sich zu gleichen Theilen vor und

hinter die Nullebene vertheilt. Für grössere Winkel nimmt die astigmatische Differenz rasch zu und beträgt bei etwa 30° über 12 mm; doch muss man sich gegenwärtig halten, dass bei grossem Bildfelde mit verhältnissmässig starker Abblendung gearbeitet wird, schon um die Abblendung durch den Linsenrand zu vermeiden.

Der Bau dieses Instruments ist ein ganz kurzer.

Der Weitwinkelaplanat für Landschaften.

Ein gewisses Extrem in der Verwendung des Aplanattypus für Weitwinkelsysteme tritt uns in dem Weitwinkelaplanaten für Landschaften entgegen. Das oben mehrfach besprochene Dispersions-Verhältniss nimmt hier den Werth $\frac{dn'}{dn} = 1.190$ an. Dem entsprechend sinkt auch die relative Oeffnung des Systems — wieder ist die gesammte wirksame Oeffnung zu Grunde gelegt — auf 1 : 17.7.

Eine sphärische Korrektion ist bei dieser Oeffnung noch nicht erreicht, vielmehr bemerken wir für dieselbe eine Längsaberration von etwa — 0.3 mm; indessen ist der Betrag dieser Unterkorrektion in einem Weitwinkelsystem, das naturgemäss mit kleinen Blenden arbeitet, ein sehr geringer. Sehr bemerkenswerth ist der Korrektionszustand der schiefen Büschel. Wie schon P. Rudolph (2.) gezeigt hat, ist die Ebenung im übertragenen Sinne für einen sehr grossen Winkel — etwa 39° — erreicht, indessen beträgt der Abstand jeder der beiden astigmatischen Bildflächen von der Null-Ebene etwa 8.6 mm, die astigmatische Differenz also über 17 mm für $f_D = 100$ mm. Für noch grössere Hauptstrahl-Axenwinkel nehmen die astigmatischen Differenzen infolge rapiden Anwachsens der Schnittweiten der meridionalen Büschel überaus rasch zu, während die der sagittalen innerhalb des hier betrachteten Winkelraums von etwa 47° noch immer nicht die Null-Ebene erreichen. Es muss aber noch hervorgehoben werden, dass diese sehr erheblichen astigmatischen Differenzen für kleinere Neigungswinkel, etwa unterhalb 25°, völlig verschwinden und einer astigmatischen Korrektion von einer Vollkommenheit Platz machen, wie sie sich sonst in den älteren Systemen meines Wissens nicht findet. Bei etwa 24° ist Hebung des Astigmatismus im strengen Sinne erreicht, und für kleinere Winkel überschreitet die astigmatische Differenz nicht den Betrag von etwa 0.5 mm. Freilich, ein Opfer musste nothwendig gebracht werden, wie das P. Rudolph zeigte, nämlich hinsichtlich der Ebenung des Bildfeldes, und so sehen wir diesen astigmatisch so gut korrigirten Theil des Feldes mit einer nicht unbeträchtlichen Bildfeldkrümmung (— 5.0 mm bei 24° etwa) behaftet.

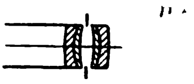


Fig. 113, s. Taf. III.
A. Steinheil: Weitwinkelaplanat für Landschaften.
Quelle: J. M. Eder. *1. 77.*
Reducirt auf $f_D = 100$ mm.
Durchgerechnet für 1 : 17.7 und $\omega = 47^0$.
Radien r_ν, Dicken d_ν und Entfernungen b_ν in Millimetern auf der Axe gemessen.

$r_1 = r_6 = 14.5$
$d_1 = d_4 = 1.2$
$r_2 = r_5 = 6.5$
$d_2 = d_3 = 0.83$
$r_3 = r_4 = 17.3$
$b_1 = b_2 = 0.83$

Glasarten n_D.
$L_1 = L_4 = 1.61317$
$L_2 = L_3 = 1.57762$

Die letztbesprochene Form scheint für die Steinheil'schen Weitwinkel-Objektive einen gewissen Abschluss zu bilden.

Satzlinsen und Aplanate mit variablem Abstande.

Es mag nur noch erwähnt werden, dass nach J. M. EDER's Angaben (*1. 154.*) Aplanatenhälften von A. STEINHEIL im Jahre 1881 zur Bildung eines aus 4 Linsen bestehenden Satzes verwandt worden sind. Dieselben bestanden aus Flint ($n' = 1.5637$) und Crown ($n = 1.5290$). Einer Durchrechnung habe ich sie nicht unterzogen, da die Blendenabstände an dem angeführten Orte nicht mitgetheilt sind.

Eine fernere Modifikation führte uns J. M. EDER (*3.*) vier Jahre später vor; hier war in einem aus leichteren Flintgläsern bestehenden Aplanaten — anscheinend mittlerer Lichtstärke, etwa 1 : 7.2 — der Linsenabstand veränderlich; das Objektiv konnte mit genäherten Linsen und gekrümmtem Bildfeld für Gruppenaufnahmen verwandt werden, während bei grösserem Abstand der Korrektionszustand mehr für Reproduktionen geeignet wurde.

Nach J. M. EDER (*1. 75.*) ist dann 1886 ein ähnlich eingerichtetes, aus Jenaer Gläsern (O. 184 Leichtes Silicat-Flint und O. 214 Silicat-Glas) gefertigtes Objektiv mit der Oeffnung 1 : 6 als *Universal-Aplanat* herausgegeben.

β. Die lichtstarken Objektive A. Steinheil's.

Von grossem Interesse werden A. STEINHEIL's Bestrebungen, wenn er sich gezwungen sieht, von dem gewöhnlichen streng symmetrischen Objektivtypus abzuweichen.

Durch einen Zufall sind uns zwei sehr frühe Stadien eines derartig abweichenden Objektivs erhalten, die daher um so mehr eine eingehende Betrachtung verdienen.

Die Herbeiführung sphärischer Korrektion auch bei symmetrischen Konstruktionen und für grössere Oeffnungen macht, wenn man eine grössere $\bar{\nu}$-Differenz bei der Glaswahl herbeiführt, oder den Werth $\frac{dn'}{dn}$ anwachsen lässt, keine Schwierigkeiten; doch ist der Betrag der Zonen dann recht beträchtlich. Soweit mir nun A. STEINHEIL's Objektive bekannt sind, findet sich in keinem derselben ein erheblicher Zonenbetrag, und es scheint mir wahrscheinlich, dass er seinetwegen von der Symmetrie abgewichen ist; doch hat er stets auch der Korrektion schiefer Büschel seine Aufmerksamkeit zugewandt.

Der Portraitaplanat, Form 1.

Am 12. Januar 1874*) wurde von A. STEINHEIL ein Objektiv

*) Ich verdanke diese Angabe, ebenso wie die Verbesserung des in allen auf die englische Patentschrift 1124[74] zurückzuführenden Publikationen ent-

mit der Oeffnung von etwa 1 : 3.2 fertiggestellt, das er Portraitaplanat nannte. Es bestand aus Leicht-Flint und einem leichten Crownglas und wich nur erst wenig von der bisher festgehaltenen Symmetrie ab. Es wurde in Bayern und in England zum Patent angemeldet und rief in diesem Lande den zum Theil sehr heftig geführten Streit um das symmetrische Objektiv hervor, der, wie wir oben (S. 213) sahen, zu Gunsten TH. GRUBB's entschieden wurde.

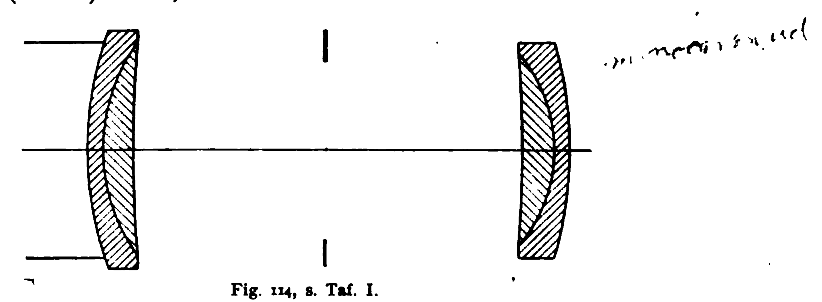


Fig. 114, s. Taf. I.

A. STEINHEIL: Portraitaplanat, 1. Form von 1874.

Quelle: A. STEINHEIL. *12.* Berichtigt von R. STEINHEIL.

Reducirt auf $f_D = 100$ mm.

Durchgerechnet für 1 : 3.5 und $\omega = 11^1/_2{}^0$.

Radien r_ν, Dicken d_ν und Abstände b_ν in Millimetern auf der Axe gemessen.

$r_1 = 45.6$ — $d_1 = 2.3$ — $r_2 = 23.8$ — $d_2 = 4.0$ — $r_3 = 166.7$

$b_1 = b_2$[1]$) = 25.2$

$r_4 = 166.7$ — $d_3 = 4.0$ — $r_5 = 19.2$ — $d_4 = 2.3$ — $r_6 = 51.4$

Glasarten n_D.

$L_1 = L_4 = 1.57402$

$L_2 = L_3 = 1.51518$

[1]) Durch Messung an der Figur erhalten.

Gehen wir zu dem Korrektionszustande über, so scheint mir, soweit die Axenaberrationen in Frage kommen, violettes Licht berücksichtigt zu sein; wenigstens ist für G′ die sphärische Korrektion entschieden besser nach Ausweis der ausführlich durchgeführten trigonometrischen Rechnung. Für gelbes Licht besteht bei einer relativen Oeffnung von 1 : 3.5 noch eine sphärische Längsaberration von — 0.86 mm. Die Brennweitendifferenzen zeigen einen ganz ähnlichen Gang. Was den Zustand der schiefen Büschel angeht, so ist derselbe nur für einen Neigungswinkel von etwa $11^1/_2{}^0$ untersucht worden. Die astigmatische Differenz hat, stetig wachsend, für den genannten Winkel erst den kleinen Betrag von 0.6 mm erreicht, und die Bildfeldkrümmung verlangt eine Verschiebung von etwa 1.4 mm auf das Objektiv zu. Ein Vergleich mit dem PETZVAL'schen Portraitobjektiv zeigt, dass hier ein Vortheil für die schiefen Büschel durch ein gewisses Nachlassen in der Vollkommenheit der Strahlenvereinigung in der Axe erreicht war.

haltenen Druckfehlers ($r_1 = 45.8$ statt des für die dort zu Grunde liegende Brennweite richtigen Werthes 54.8) einer liebenswürdigen Mittheilung des Herrn R. STEINHEIL vom 3. Dec. 1898.

Der Portrait-aplanat, Form 2.

Fast genau ein Jahr später, am 20. Jan. 1875*), hat A. STEINHEIL eine Umänderung des vorher geschilderten Typus vollendet, die ganz zweifellos eine Verbesserung bedeutete. Der gewaltige Linsenabstand ist noch gewachsen, und zum ersten Male finden wir in einer STEINHEIL'schen Konstruktion eine gegen die Blende konvexe Fläche. Die Symmetrie ist fast vollständig verlassen, nur noch die Kittflächen und die Dicken der Flintlinsen sind in beiden Komponenten die gleichen. Das bayrische Patent wurde geändert, doch scheint eine Modifikation des englischen nicht erfolgt zu sein.

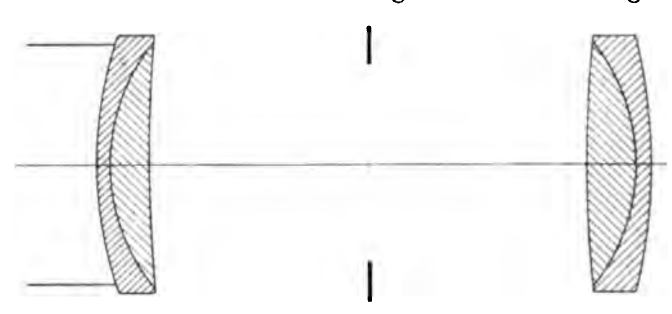


Fig. 115, s. Taf. I.

A. STEINHEIL: Portraitaplanat, 2. Form von 1875.
Quelle: J. M. EDER. *1. 80.*

Reducirt auf $f_D = 100$ mm.
Durchgerechnet für 1 : 3.2 und $\omega = 15^1/_2{}^0$.
Radien r_ν, Dicken d_ν und Entfernungen b_ν in mm auf der Axe gemessen.

$r_1 = 51.9$
$d_1 = 2.1$
$r_2 = 25.1$
$d_2 = 5.2$
$r_3 = 150.0$
b_1[1]$) = 28.2$
b_2[1]$) = 28.2$

$r_4 = 275.2$ (konvex)[2])
$d_3 = 6.45$
$r_5 = 25.1$
$d_4 = 2.1$
$r_6 = 72.9$

Glasarten n_D

$L_1 = L_4 = 1.57496$
$L_2 = L_3 = 1.51468$

[1]) Als Hälfte des Linsenabstandes angenommen.
[2]) Nach Auskunft von R. STEINHEIL.

Die sphärische Korrektion ist für eine relative Oeffnung von 1 : 3.2 vollständig erreicht, mit einem Zonenmaximum von — 0.3 mm; dabei ist aber die Erfüllung der Sinusbedingung von gleicher Güte, sodass diese beiden Abbildungsfehler in noch wesentlich höherem Maasse gehoben sind, als selbst bei J. PETZVAL's Portraitobjektiv. Beachtet man noch, dass der Zustand der schiefen Büschel eine sehr glückliche Mitte hält zwischen den bei den alten Gläsern sich ausschliessenden Rücksichten auf Bildebenung und Astigmatismus — bei 13° ist Bildebenung im übertragenen Sinne und nur 1.2 mm astigmatische Differenz vorhanden — so wird man nicht anstehen können, gerade dieses Objektiv für ein Meisterwerk der rechnenden Optik zu erklären.

*) Die Angabe machte mir ebenfalls Herr R. STEINHEIL am 3. Dec. 1898.

Leider scheint die Aufmerksamkeit des Publikums sich nur wenig auf diese schöne Konstruktion gerichtet zu haben; wenigstens habe ich eine nur ganz gelegentliche Erwähnung derselben finden können*).

Der Portrait-Antiplanet.

Noch einmal nahm A. STEINHEIL die Aufgabe in Angriff, ein Portraitobjektiv zu schaffen, und zwar geschah das auf Grund seines Antiplanetprincips, im Vorderglied und im Hinterglied entgegengesetzte Fehler möglichst anzuhäufen. Die Kombination stand in keinem deutlichen Zusammenhang mit den vorher erwähnten; zum ersten und einzigsten Male treffen wir auf eine STEINHEIL'sche Konstruktion mit mehr als 4 reflektirenden Flächen. Das Glasmaterial ist auch hier Crown und Flint.

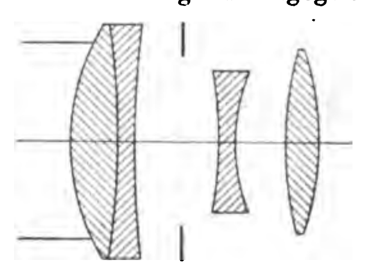


Fig. 116, s. Taf. I.

A. STEINHEIL: Portrait-Antiplanet.
Quelle: J. M. EDER. *1. 111.*

Reducirt auf $f_D = 100$ mm.
Durchgerechnet für 1 : 3.9 und $\omega = 15^1/_2{}^0$.
Radien r_ν, Dicken d_ν und Entfernungen b_ν in Millimetern auf der Axe gemessen.

$r_1 = 29.9$
$d_1 = 6.1$
$r_2 = 99.6$
$d_2 = 2.2$
$r_3 = 221.3$
b_1[1] $= 6.4$
b_2[1] $= 4.7$
$r_4 = 58.3$
$d_3 = 2.2$
$r_5 = 25.6$
$b_3 = 6.5$
$r_6 = 45.4$
$d_4 = 4.4$
$r_7 = 39.4.$

Glasarten n_D.

$L_1 = L_4 = 1.51705$
$L_2 = L_3 = 1.57710.$

[1]) Aus der Figur entnommen; angegeben findet sich nur der Abstand zwischen L_2 und L_3.

Die sphärische Korrektion ist nicht von der idealen Vollkommenheit, wie bei der zweiten Form des Portraitaplanaten, sie ist für die relative Oeffnung 1 : 4 erreicht; die Maximalabweichung beträgt etwa 0.43 mm. Der Hauptunterschied liegt jedoch in der Erfüllung der Sinusbedingung: Der Werth von $f_D = 100$ mm ist schon für eine relative Oeffnung von 1 : 4.7 erreicht und zeigt für die ganze Oeffnung eine stetig wachsende Gangdifferenz gegen die Länge der Schnittweitendifferenzen. Bewunderungswürdig aber ist der Korrektionszustand der schiefen Büschel innerhalb kleiner Winkel. In diesem Gebiete sind die astigmatischen Differenzen verschwindend, unter 0.3 mm, und für etwa 14° ist vollständige Korrektion des Astigmatismus herbeigeführt, während die durch die Bildfeldkrümmung herbeigeführte, für diesen Winkel nothwendige Verschiebung noch nicht — 1.0 mm beträgt.

Es wird kaum bestritten werden können, dass wir in den drei bekannt gewordenen Portraitkonstruktionen A. STEINHEIL's einen stetigen Fortschritt in der Erfüllung der Forderung sehen müssen, die astigmatischen Differenzen für einen kleinen Bildwinkel (2ω appr. $= 30^0$) möglichst zum Verschwinden zu bringen, ohne

*) Ph. C. 1876. **13.** No. 142. 26.

doch beträchtliche Bildfeldkrümmung einzuführen. Gleichzeitig aber wurde auf die sphärische Korrektion von Punkten in und ausser der Axe gebührend Gewicht gelegt.

Ein gewisser Uebergang zwischen den lichtstärksten Portrait- und den mehr oder minder lichtarmen symmetrischen (Aplanat-) Konstruktionen wird durch die Gruppenobjektive A. STEINHEIL's gebildet. Diese zur Aufnahme von Personengruppen bestimmten Instrumente besassen ein Oeffnungsverhältniss von etwa 1 : 6.

Der Gruppenaplanat.

Zunächst tritt uns da im Jahre 1879 der Gruppenaplanat ententgegen. Die schon einige Jahre vorher durchgeführte Abweichung von der Symmetrie ist hier noch stärker geworden; die Vorderhälfte hat nicht mehr die geringste Symmetriebeziehung zum Hintergliede. Unförmlich dicke Linsen lassen den Bau des Objektivs, trotzdem sie einander sehr genähert sind, doch lang erscheinen. Das Glasmaterial ist wieder Crown und Flint.

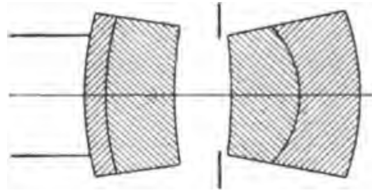


Fig. 117, s. Taf. II.

A. STEINHEIL: Gruppenaplanat.
Quelle: A. STEINHEIL. *14.*

Reducirt auf $f_D = 100$ mm.
Durchgerechnet für $1 : 6.2$ und $\omega = 28^1/_2{}^0$.
Radien r_ν, Dicken d_ν und Entfernungen b_ν in Millimetern auf der Axe gemessen.

$r_1 = 40.1$
$d_1 = 2.9$
$r_2 = 38.2$
$d_2 = 9.1$
$r_3 = 57.6$
b_1[1] $= 5.9$
b_2[1] $= 1.5$
$r_4 = 69.0$
$d_3 = 9.1$
$r_5 = 12.9$
$d_4 = 8.0$
$r_6 = 33.0$

Glasarten n_D.

$L_1 = L_4 = 1.57762$
$L_2 = L_3 = 1.51705$

[1]) Blendenabstände aus der Zeichnung entnommen; angegeben findet sich nur ihre Summe, d. h. der Abstand zwischen L_2 und L_3.

Die Hebung der sphärischen Abweichungen ist bei einem Oeffnungsverhältniss von 1 : 6.4 mit einer Abweichung von — 0.3 mm erreicht, die Erfüllung der Sinusbedingung ist für nahezu die gleiche Oeffnung durchgeführt. Hinsichtlich der schiefen Büschel bemerken wir dem Aplanaten zweiter Form gegenüber eine sehr deutliche Ausdehnung des im übertragenen Sinne geebneten Bildfeldes, welches hier etwa durch $\omega = 26^0$ bestimmt wird, mit einer astigmatischen Differenz von etwa 2×3.8 mm $= 7.6$ mm. Für grössere Oeffnungen des Hauptstrahlenbüschels weicht das Bildfeld im übertragenen Sinne langsam vom Objektiv zurück. Die Abweichung von der idealen Bildebene für kleinere Gesichtswinkel ist eine sehr mässige zu nennen.

Als Hauptnachtheil dieses Objektivs hat die STEINHEIL'sche Werkstätte die Schwierigkeit angegeben, das nöthige Glasmaterial gut zu beschaffen. In der Litteratur hört man wenig von demselben; ich erinnere mich nur hinsichtlich seiner Wirkung die Bemerkung gelesen zu haben, es verzeichne, doch ist das wohl kaum

ein besonderer Hinderungsgrund für die Einführung gewesen, da dieses Objektiv für Aufnahmen solcher Art nicht bestimmt war, in denen absolute Freiheit von Verzeichnung eine unerlässliche Bedingung war.

Der Gruppen-Antiplanet.

Das oben erwähnte antiplanetische Princip A. STEINHEIL's fand schliesslich auch auf die Gruppenobjektive Anwendung. Die Glasarten waren die in dem Gruppenaplanaten verwandten; in der äusseren Erscheinung war aber das Objektiv sehr wesentlich verschieden, da nur noch eine dicke Linse nothwendig war.

Sphärische Korrektion war für eine Oeffnung von 1 : 6.2 mit einem Abweichungsmaximum von etwa 0.6 mm herbeigeführt. Der Gang der Abweichungen von der Konstanz der Brennweiten war nahezu völlig identisch. Die angenäherte Ebenung des Feldes war hier für einen Winkel von etwa $\omega = 31^0$ erreicht; die dabei zu Tage tretende astigmatische Differenz betrug etwa $2 \times 5.3 = 10.6$ mm. Für ein kleineres Feld war durchweg geringerer Astigmatismus, aber etwas stärkere Bildfeldkrümmung vorhanden, als in dem vorher behandelten Falle.

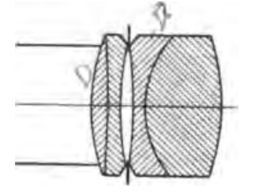


Fig. 118, s. Taf. II.

A. STEINHEIL: Gruppen-Antiplanet.
Quelle: J. M. EDER. *I. 108.*
Reducirt auf $f_D = 100$ mm.
Durchgerechnet für 1 : 6.2 und $\omega = 31^0$.
Radien r_ν, Dicken d_ν und Entfernungen b_ν in Millimetern auf der Axe gemessen.

$r_1 = 26.6$
$d_1 = 2.0$
$r_2 = 119.4$
$d_2 = 1.7$
$r_3 = 40.9$
b_1[1] = *1.1*
b_2[1] = *0.6*
$r_4 = 40.9$
$d_3 = 1.4$
$r_5 = 14.3$
$d_4 = 10.2$
$r_6 = 30.0$

Glasarten n_D.
$L_1 = L_3 = 1.57762$
$L_2 = L_4 = 1.51705$

[1]) Blendenabstände aus der Zeichnung entnommen, angegeben findet sich nur ihre Summe, d. h. der Abstand zwischen L_2 und L_3.

So sehen wir denn, wie A. STEINHEIL in seinen Gruppenobjektiven hinsichtlich des Astigmatismus in dem Sinne vorgeht, möglichste Bildebenung im übertragenen Sinne herbeizuführen. Er bemüht sich, den Durchmesser des ausseraxialen Bildscheibchens kleiner und kleiner zu machen, doch ist es nicht ohne Interesse, dass wir auf Grund abweichender Rechnungsanlage doch zu einer mit der seinigen im ganzen wohl übereinstimmenden Klassificirung kommen.

Der Rapid-Antiplanet.

In späterer Zeit, 1893, ist von seinem Sohne R. STEINHEIL eine Modifikation dieses Typus unter der Bezeichnung Rapid-Antiplanet herausgebracht worden.

In manchen Punkten wurde hier die alte Korrektion verlassen; so nahm die Hinterlinse mehr den Charakter eines blossen Korrektionsgliedes mit sehr langer Brennweite an. Erhalten blieb aber

das Bestreben der Anhäufung grosser chromatischer Aberrationen in den beiden Gliedern. An Stelle des Flintglases im Vorderglied trat schwerstes Barium-Crown, während der Charakter der Glasarten des Hintergliedes nicht wesentlich verändert wurde.

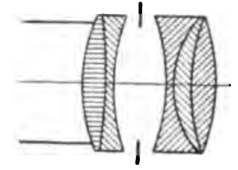


Fig. 119, s. Taf. II.

R. Steinheil: Rapid-Antiplanet.
Quelle: R. Steinheil. *1.*

Reducirt auf $f_D = 100$ mm.
Durchgerechnet für $1 : 6.3$ und $\omega = 30^1/_2{}^0$.
Radien r_ν, Dicken d_ν und Entfernungen b_ν in Millimetern auf der Axe gemessen.

$r_1 = 22.7$
$d_1 = 3.0$
$r_2 = 56.8$
$d_2 = 0.9$
$r_3 = 26.8$
b_1[1] $= b_2$[1] $= 1.705$
$r_4 = 26.8$
$d_3 = 0.9$
$r_5 = 13.8$
$d_4 = 2.3$
$r_6 = 27.7$
$d_5 = 3.2$
$r_7 = 26.1$

Glasarten n_D.
$L_1 = 1.61003$
$L_2 = 1.51874$
$L_3 = L_5 = 1.57804$
$L_4 = 1.51804$

[1]) Blendenabstand durch Halbirung der Entfernung zwischen L_2 und L_3 bestimmt.
In der Zeichnung ist irrthümlich der Linsenabstand doppelt so gross als nöthig angegeben. Die Rechnungen beruhen aber auf den richtigen Angaben.

Der Erfolg dieser Aenderungen kam im wesentlichen den schiefen Büscheln zu gute. Rechnet man ein axenparalleles Strahlenbündel durch, so findet man die sphärische Korrektion auch etwa bei 1 : 6 erreicht; indessen sind die Zonen gegen den vorigen Typus gewachsen, und es beträgt ihr Maximum etwa — 1.3 mm. Die Abweichungen von der Konstanz der Brennweiten haben im wesentlichen den gleichen Gang.

Die Korrektion der schiefen Büschel ist aber eine beträchtlich verbesserte und lässt sich durchaus derjenigen vergleichen, die in der zeitlich vorangehenden ersten Reihe der Anastigmatdoublets erreicht wurde. Ebenung im übertragenen Sinne ist für einen Winkel ω appr. $= 30^0$ erreicht, und zwar beträgt dort die astigmatische Differenz $2 \times 3.2 = 6.4$ mm. Die Hebung des Astigmatismus für kleinere Bildwinkel ist eine befriedigende, allerdings muss man einen gewissen Betrag von Bildfeldkrümmung in den Kauf nehmen.

Besonders gut aber gelang die Aufhebung der Verzeichnungsfehler. Das Objektiv nimmt nach dieser Seite hin einen bevorzugten Platz ein.

c. Die theoretischen Ansichten A. Steinheil's.

Gehen wir nunmehr dazu über, uns ein genaueres Bild von der optischen Theorie A. Steinheil's zu machen, so müssen wir nothwendiger Weise ebenso wie bei der Besprechung seiner Konstruktionen über den vornehmlich in Betracht gezogenen Zeitraum etwas hinausgreifen.

Die sphärische Korrektion in u. nahe der Axe.

Hinsichtlich der sphärischen und chromatischen Korrektionen sehen wir ihn (*4.*) auf dem von seinem Vater schon vertretenen Standpunkte stehen; nur sprach er sich zunächst etwas unbestimmt über das aus, was C. A. Steinheil Zwischenfehler nannte. Jedenfalls theilte er auch in dieser Richtung dessen Ansicht, dass ein Fehler dann als ein solcher zu bezeichnen sei, wenn er wahr-

genommen würde. Von Bedeutung ist diese Stellungnahme besonders hinsichtlich der Zonen, und hier kann man wohl seine Aeusserungen (*4. 288.*) heranziehen, dass die Fehler der Instrumente abhängig sind von dem Maassstabe ihrer Ausführung. In mehr populären Darstellungen, wie (*7.* u. S. 295) vernachlässigte er die Zonen ganz und gab an ersterer Stelle eine Darstellung, aus welcher hervorging, dass für die Farbe, für welche sphärische Korrektion herbeigeführt worden sei, aus einem Axenpunkt kommendes Licht auch wirklich wieder punktweise vereinigt werde, eine Formulirung, die natürlich nicht strenge haltbar ist. Das kleinste Zerstreuungsscheibchen, welches sich in der Ebene bester Einstellung in der Objektivaxe bildet, gab ihm das Maass für die Beurtheilung der sphärischen Korrektion ausser der Axe; dieselbe wurde dann als erreicht bezeichnet, wenn der Durchmesser des Scheibchens bester Einstellung ausser der Axe, vom Hauptpunkte aus betrachtet, nicht grösser erschien, als der des Axenscheibchens (*4. 291.*).

Die Sinusbedingung ist nach Mittheilungen von R. Steinheil (*2.*) seinem Vater schon Ende der 60er Jahre bekannt gewesen und von ihm bei der Berechnung photographischer Objektive erfüllt worden.*) Letzteres konnte ich für die in Frage kommenden Steinheil'schen Systeme durch Rechnung nachweisen.

Chromatische Korrektion.

Was die chromatische Korrektion angeht, so hat er seine Aplanate stabil achromatisirt, und zwar für gelb und violett; welche Fraunhofer'schen Linien er zu Grunde legte**), ist mir unbekannt. Bemerkt zu werden verdient, dass die ersten Aplanate von ihm (*7.*) für violettes Licht sphärisch korrigirt waren und für diese Farbe möglichst ebenes Bildfeld besassen; ihr aktinisches Bild war mithin in höherem Maasse unabhängig von der Blendenöffnung, die gerade benutzt wurde, als das optische. Dies hatte zur Folge, dass A. Steinheil (*7.* u. S. 295) die Anweisung gab, stets mit grösster Blende einzustellen, da dann das optische Bild am nächsten an den konstant angenommenen Ort des chemischen fiel. Der Verwendung von zwei Flintgläsern und der damit erstrebten Verminderung des sekundären Spektrums wurde schon Erwähnung gethan.

Astigmatismus und Bildfeldebenung.

Von erheblicher Bedeutung ist diese Art der Achromatisirung für die Korrektion des Astigmatismus. A. Steinheil definirte (*4. 291.*) diesen Bild fehler, von der heutigen Erklärung etwas abweichend, als die Asymmetrie des Strahlenverlaufs von vier in endlicher Entfernung vom Hauptstrahle auffallenden Nebenstrahlen. Er verfolgte nämlich in der durch Objektpunkt und Axe gelegten Ebene, dem Meridianschnitt, zwei Strahlen in gleichem endlichen Abstande vom Hauptstrahl, die durch zwei einander gegenüber liegende Punkte der wirksamen Objektivöffnung gehen, und dann ausserhalb dieser Ebene noch

---

*) Wenn A. Steinheil (*20. 25.*) die Erfüllung der Sinusbedingung als Kriterium für die Aufhebung der Verzerrung ansieht, so findet dieser Widerspruch mit den auf Seite 51 ausgesprochenen Ansichten vielleicht dadurch Erklärung, dass er unter „Verzerrung" nicht das versteht, was hier darunter begriffen ist. Während hier der Ausdruck „Verzerrung" als gleichbedeutend mit Verzeichnung (Wiedergabe gerader Linien als gekrümmter, Distortion) gebraucht wurde, hat A. Steinheil ihn vielleicht auf die Bildform seitlicher Punkte bezogen.

**) Die Angabe L. Seidel's (*5. 80/81.*) bezieht sich möglicherweise auf einen speciellen Fall. Danach wurde ein Strahl zwischen G und H mit einem mitten zwischen D und E gelegenen vereinigt.

zwei andere vom Objektpunkte ausgehende Strahlen, die die beiden Punkte der wirksamen Objektivöffnung passiren, welche von den eben erwähnten um 90° abstehen, also in dem Sagittalschnitt liegen. Unter Festhaltung dieser Definition des Astigmatismus kam er schon sehr früh zu einer Auffassung über die besten Mittel, Bildfeldebenung im übertragenen Sinne im Aplanattypus durchzuführen, welche unsere Beachtung verdient. Dieselbe findet sich bei J. M. EDER*) (*1. 72—73.*) zwar nicht unter A. STEINHEIL's Namen publicirt, ist aber jedenfalls auf ihn als Verfasser zurückzuführen.

„Je stärker gekrümmt die Linsen sind, um so schneller nimmt die Deut„lichkeit des Bildes in der Mitte mit der Vergrösserung des Linsendurch„messers bei gegebener Brennweite (Vermehrung der Lichtstärke des Objektivs) „ab; je flacher sie sind, desto grössere Linsenöffnungen kann man benutzen, „bevor die gestattete Grenze der Undeutlichkeit überschritten wird. Anderer„seits wird das Bild um so schneller gegen den Rand zu schlecht (Abnahme „der Deutlichkeit gegen den Rand, wenn die Mitte scharf eingestellt ist), je „flacher die Linsen werden."

Die starke Durchbiegung der Linsen ist eine Folge der Herbeiführung chromatischer und sphärischer Korrektion bei geringer $\bar{\nu}$-Differenz der beiden als Crown und Flint verwandten Glasarten. Das Vorhandensein starker Krümmungen verursacht seinerseits das Auftreten beträchtlicher sphärischer Zonen. Anderseits aber sind solche Glasarten für die Herbeiführung von Bildebenung im übertragenen Sinne innerhalb eines beträchtlichen Feldes günstig, da die Brechungsexponentendifferenz Crown-Flint der als Crown und Flint verwandten Gläser nur sehr kleine negative Werthe erhält. Auf den Zusammenhang dieses Unterschiedes mit der Grösse der astigmatischen Differenzen hat P. RUDOLPH (*2., 4.*) aufmerksam gemacht.

Jene STEINHEIL'sche Regel ist noch mehrfach nach ihm aufgefunden worden; ich erinnere hier nur an A. PRAZMOWSKI (S. 128), an A. MARTIN (S. 137), sowie an C. BECK (S. 235).

Mit zu dem Bilde der theoretischen Ansichten A. STEINHEIL's gehören einige Arbeiten specieller Natur, die er in der ersten Zeit nach dem Erscheinen des Aplanaten veröffentlichte.

Die Reflexbilder.

So behandelte er (*5.*) die Lage und die Intensität der durch zweimalige Reflexion an den Begrenzungsflächen gegen Luft entstehenden Reflexbilder unendlich entfernter Punkte, wie sie auf der Mattscheibenebene aufgefangen werden und von der Gestalt der Blendenöffnung abhängig sind. Es geschah das in der Weise, dass für die betrachteten katadioptrischen Kombinationen die Lage der Haupt- und Brennpunkte bestimmt wurde, wonach die Konstruktion der Schnittfigur auf der Mattscheibe keine Schwierigkeit mehr bietet. Hinsichtlich der Anzahl der der Untersuchung unterzogenen Kombinationen beschränkte er sich auf zwei Spiegelungen — hier kann naturgemäss nur eine gerade Anzahl von solchen in Frage kommen — da die durch vierfache Reflexion entstehenden Nebenbilder eine so geringe Intensität haben, dass man sie ohne weiteres unbeachtet lassen kann. In gleicher Weise vernachlässigte A. STEINHEIL die Reflexionen an den Kittflächen, worin man ihm um so mehr beistimmen wird, als die Intensität derselben immer von einer anderen Grössenordnung ist, als bei Flächen gegen Luft. Unter diesen Voraussetzungen führte er auf dem oben angedeuteten Wege die Bestimmung der Zerstreuungskreise

*) Vergl. auch bei D. VAN MONCKHOVEN (*2.*) die Anmerkungen.

auf der Mattscheibe für zwei genau angegebene symmetrische Objektive durch, von denen das eine für das allein durch Brechung entstandene Hauptbild möglichst ungünstige, das andere, nach dem Typus des Aplanaten gebaute möglichst günstige Resultate lieferte. Auf Grund dieser speciellen Untersuchung kam er zur Aufstellung zweier Sätze, welche seine mit Hilfe der GAUSS'schen Theorie entwickelten Resultate kurz zusammenfassten. Das Reflexbild eines katadioptrischen Systems ist in seinem Zustandekommen begünstigt einmal, wenn die Hauptpunkte desselben weit von der Blendenebene entfernt liegen, und dann, wenn die Brennweite desselben entweder unendlich lang wird, oder wenn — was übrigens selbstverständlich ist — das Nebenbild nahe der Mattscheibe entsteht. In dem Beispiel für den Aplanatentypus musste er also sein Augenmerk darauf richten, die Brennweiten sämmtlicher sechs katadioptrischer Systeme klein zu erhalten und den Hauptpunkten derselben möglichst günstige Lagen zu geben, eine Aufgabe, die auch erfolgreich gelöst wurde. Das, was man unter hellem Fleck versteht, ist vollkommen begründeter Weise nach A. STEINHEIL nichts anderes, als die gemeinsame Wirkung aller Nebenbilder.

Vergegenwärtigen wir uns, in welcher Weise man vor A. STEINHEIL den durch die zweifache Spiegelung verursachten Schwierigkeiten auszuweichen bestrebt gewesen war, wie zuerst, rein empirisch probirend R. CAUCHOIS, dann C. SPRINGHAM, schliesslich durch J. H. DALLMEYER angeregt J. F. W. HERSCHEL sowie TH. SUTTON sich mit dieser Frage beschäftigt hatten, so kommt man zu dem Resultat, dass die Palme in diesem Wettstreit hinsichtlich der Exaktheit der Methode und der Brauchbarkeit der Fragestellung, derzufolge die Angabe von wirksamen Gegenmitteln überhaupt erst möglich wurde, zweifellos A. STEINHEIL gebührt.

Die Tiefenschärfe.

Nicht zu vernachlässigen sind die Ansichten, die A. STEINHEIL (*8.* u. *9.*) sich über die Tiefe der Schärfe bildete und in einigen sehr populär gehaltenen Schriften verbreitete. An dem letzterwähnten Orte fasste er seine Ergebnisse auf diesem Gebiete zusammen und kommt etwa zu folgenden Resultaten:

Bei demselben Objektive und Reduktionsmaassstabe ist die Tiefe umgekehrt proportional dem Durchmesser der wirksamen Oeffnung.

Bei demselben Objektive und gleicher relativer Oeffnung nimmt mit linear wachsendem Reduktionsmaassstabe die Tiefe quadratisch ab. Daraus lässt sich der Vortheil ableiten, den man hinsichtlich der Tiefenschärfe erhält, wenn man die Aufnahmen mit einem kurzbrennweitigen Objektive macht und nachher vergrössert.

Bei gleichem Reduktionsmaassstabe und gleicher relativer Oeffnung ist die Tiefe von der Brennweite unabhängig, doch treten bei Anwendung von Objektiven verschiedener Brennweite Aenderungen in der Perspektive auf.

Diese zunächst für Axenpunkte abgeleiteten Ergebnisse gelten für ein ausgedehntes Objekt mit um so grösserer Annäherung, je ebener das Bildfeld des betrachteten Objektivs ist.

Theorie des Umkehrprismas.

Eine weitere Arbeit (*11.*) bezog sich auf die bei Anwendung eines CHEVALIER'schen Umkehrprismas infolge doppelter Reflexion entstehenden Nebenbilder und die Mittel ihrer Vermeidung. Er zeigte (S. Fig. 42) an einem Beispiele, dass man zu diesem Zwecke die Kathetenflächen bis zu einem Betrage abzublenden hätte, der eine Funktion des Gesichtswinkels sei, so zwar, dass mit Zunahme dieses auch die Abblendung grösser werden müsse. Dass diese

Abblendungen der Kathetenflächen wie vor dem Objektiv angebrachte Blenden wirken, also die Gleichmässigkeit der Lichtvertheilung auf der Mattscheibe ungünstig beeinflussen, wurde gleichfalls hervorgehoben. Wie es scheint, ist A. Steinheil in der Beachtung des Strahlenganges in Reflexionsprismen völlig allein geblieben, und so erregten seine Darlegungen in der nun eintretenden Zeit der Verflachung der photographischen Litteratur kein sichtbares Interesse, trotzdem er in richtiger Schätzung seines Publikums sorgfältig jede Formel vermieden hatte.

A. Steinheil's Stellung zu Th. Grubb.

Was A. Steinheil's Stellung zu früheren Konstrukteuren photographischer Objektive angeht, so ist er aller Wahrscheinlichkeit nach mit denselben nur durch D. van Monckhoven's historische Bemerkungen bekannt geworden; er nahm (*4. 296.*) den Standpunkt ein, dass alle sphärisch korrigirten Objektive sechs Brechungen von Glas gegen Luft besässen, wie ja auch D. van Monckhoven dahin nur die beiden Petzval'schen Objektive und J. H. Dallmeyer's Triplet zählte. Die seinerzeit schon betonte Unterlassung dieses Autors, Th. Grubb's *aplanatic lens* Erwähnung zu thun, war wohl die Ursache, dass A. Steinheil von diesem seinem Vorgänger um die 60er Jahre keine Kenntniss erhielt. Er wurde von dessen Konstruktion erst 1874 infolge des Dallmeyer'schen Angriffs unterrichtet und hob (*13.*) ausdrücklich hervor, dass er von dem Bestehen eines symmetrischen Doppelobjektivs vom Jahre 1857 mit dem optisch dichteren Material aussen nichts gewusst habe. Mit diesem Hinweis auf die Priorität Th. Grubb's ist für uns aber auch die Hervorhebung von dessen Verdiensten um den Aplanattypus erledigt. Die theoretische Vollendung des Steinheil'schen Objektivs war infolge der rechnerischen Grundlage eine viel höhere, die Bildebenung im übertragenen Sinne war erreicht und die in der richtigen Glaswahl liegenden Mittel, sie bei Verkleinerung der relativen Oeffnung über ein grösseres Feld auszudehnen, waren A. Steinheil klar zum Bewusstsein gekommen; von alledem war Th. Grubb, soweit mir Material zu Gesicht gekommen ist, nichts bekannt. Hier, wie in anderen Fällen ist der dauernde Erfolg der Richter über den Werth, und der hat sich für A. Steinheil's Objektiv entschieden.

Die nächste grössere Veröffentlichung A. Steinheil's (*16.*) bezieht sich auf die Einführung der Antiplanete.

Die Einführung der Antiplanetkonstruktionen.

A. Steinheil ging hier von der Ueberlegung aus, dass alle bis zu jener Zeit konstruirten Objektive starken Astigmatismus besässen, und dass also bei Festhaltung des Typus günstigere Resultate nur durch Beschränkung des Bildfeldwinkels erreicht werden könnten; das aber würde unter ständiger Festhaltung eines vorher bestimmten Plattenformates eine Benutzung der hinsichtlich der absoluten Grösse der Zonen ungünstiger gestellten langbrennweitigen Objektive als Folge nach sich ziehen. Ausgehend von dieser Ueberlegung zeigte A. Steinheil den grossen Unterschied, der zwischen einem alten Aplanaten von 1 : 10 Oeffnung und einem Antiplaneten hinsichtlich der Grösse der Punktbilder ausser der Axe bestehe. Und zwar verhalten sich beide Typen, auf Grund der von A. Steinheil angestellten Durchrechnung schiefer Büschel endlicher Oeffnung, eine Brennweite von 360 mm vorausgesetzt, wie folgt:

Abstand von der Plattenmitte:	Durchmesser des Bildpunktes in mm:	
in mm	a. beim Aplanaten.	b. beim Antiplaneten.
0	0.00	0.00
50	0.06	0.03
100	0.20	0.10
150	0.44	0.22
200	0.80	0.36
250	1.40	0.55

Die Beziehungen zwischen antiplanetischem und anastigmatischem Princip.

In der besprochenen Arbeit handelte es sich wahrscheinlich um einen Gruppenantiplaneten, dessen Konstruktion und Korrektionszustand ja schon auf S. 305 erläutert sind.

Der Name dieses Typus „Antiplanet" — von ἀντὶ und πλανάομαι mit entgegengesetzten Aberrationen versehen — deutet auf das demselben zu Grunde liegende Gesetz hin. A. STEINHEIL spricht dasselbe in der Patentschrift (*15.*) mit folgenden Worten aus:

„dass ein aus zwei Linsenpaaren bestehendes (Doppel-)Objektiv diesen „Fehler" (des Astigmatismus) „um so weniger besitzt, je ungleicher die Lei„stung des Gesammtobjektivs in seine beiden Hälften vertheilt ist. Bei den „in Rede stehenden Objektiven haben die beiden Hälften sehr grosse und ent„gegengesetzte Fehler, und während die eine Hälfte eine kürzere Brennweite „als das Gesammtsystem hat, besitzt die andere eine negative Brennweite."

Nun ist in späterer Zeit von mehreren Autoren das antiplanetische Princip mit dem später zu besprechenden anastigmatischen Princip P. RUDOLPH's in ein gewisses Verwandtschaftsverhältniss gebracht worden. Letzteres besteht, wie wir vorgreifend bemerken, darin, dass der Astigmatismus korrigirt werden soll, durch ein aus verkitteten achromatischen Komponenten bestehendes Doublet, wo in der einen Komponente der sammelnde Bestandtheil höheren, in der anderen niederen Brechungsexponenten hat, als der mit ihm verbundene zerstreuende Bestandtheil.

Sehen wir nun von der, ein ganz wesentlich unterscheidendes Merkmal bildenden Chromasie in den Antiplanethälften und der Achromasie der Anastigmathälften einmal ab, so stimmt es mit dem antiplanetischen Princip durchaus überein, dass von den beiden, durch je ein Beispiel erläuterten Formen die eine, der Portraitantiplanet, die Sammelwirkung in beiden Systemen den Crownlinsen, die Zerstreuungswirkung in beiden Systemen den Flintlinsen zuweist, während bei dem Gruppenantiplaneten eine gegensätzliche Abstufung im Brechungsexponenten insofern stattfindet, als einmal Flint sammelt und einmal Crown. Von einem Zusammenfallen des antiplanetischen Princips von A. STEINHEIL und des anastigmatischen von P. RUDOLPH kann also — auch von der Achromasie der Einzelglieder abgesehen — gar nicht die Rede sein, sondern *in einem Beispiel* ist für ein nach dem antiplanetischen Princip gebautes Objektiv eine Glasanordnung getroffen, welche auf eine gegensätzliche Abstufung im Brechungsexponenten hinausläuft. Dass thatsächlich mit dem Gruppenantiplaneten nach der Richtung der anastigmatischen Bildebenung kein wesentlicher Vortheil erzielt worden ist, wurde selbst von R. STEINHEIL zugegeben; mir scheint es aber wichtig, darauf hinzuweisen, dass hinsichtlich der Annäherung an anastigmatische Bildfeldebenung im strengen Sinne der Portraitantiplanet vor den Gruppenantiplaneten zu stellen ist, trotzdem in ihm von der Gegensätzlichkeit der Abstufung keine Rede ist. Es zeigt sich hier meiner

Meinung nach ganz deutlich, dass das von A. STEINHEIL so klar ausgesprochene antiplanetische Princip sehr wohl auf eigenen Füssen zu stehen vermag, und man sehr wohl gute Resultate mit demselben zu erzielen im Stande ist. Man hat also nicht nöthig, eine Anlehnung an das doch erst viel später formulirte anastigmatische Princip zu suchen.

Mit der Aufstellung des antiplanetischen Princips und der Berechnung der beiden Typen scheint die publicistische Thätigkeit A. STEINHEIL's wenigstens im wesentlichen ihr Ende erreicht zu haben.

Der Abschluss der Publikationsthätigkeit A. STEINHEIL's.

Eine kurze Anleitung zur Wahl von Objektiven sei noch erwähnt (*17.*), und ein Jahr darauf eine Besprechung (*18.*) über die optischen Glasarten, welche durch die Erweiterung der optischen Mittel, wie sie das Jenaer Glaswerk bot, hervorgerufen wurde. Eine sehr anschauliche Demonstration der Unschädlichkeit der Bläschen bei der Benutzung wird durch den Nachweis gegeben, dass ein Objektiv von 60.0 mm Linsendurchmesser nur auf 60.2 mm erweitert zu werden braucht, um auch den grössten Lichtverlust infolge der Bläschen zu kompensiren. A. STEINHEIL's Bemühungen um die Telephotographie sind an anderer Stelle von mir (*2. 5.*) erwähnt worden; hier sei nur soviel bemerkt, dass er zur Zeit der zweiten Aufnahme dieses Typus durch Fachoptiker der erste war, das Teleobjektiv mit negativer Komponente zu verwenden, dass er aber seine Konstruktion erst später veröffentlichte, als TH. R. DALLMEYER die seinige.

Dass er in den Aplanaten astigmatische Korrektion einzuführen bestrebt war, giebt uns R. STEINHEIL (*4.*) an. Ueber den Anfangspunkt dieser Bestrebungen sind wir im Unklaren, doch sind die im Nachfolgenden besprochenen neuen Systeme auf eine Mitwirkung A. STEINHEIL's zurückzuführen.

Ein in seinen letzten Lebensjahren eingetretenes Augenleiden hat sicherlich mit dazu beigetragen, seine publicistische Thätigkeit zu hemmen. Sein Tod trat am 4. November 1893 ein.

A. STEINHEIL's Stellung in der photographischen Optik.

Mit ihm ging eine Persönlichkeit dahin, die auf dem Gebiete der photographischen konstruktiven Optik während der Zeit von der Erfindung des Aplanaten bis zu der des Antiplaneten ohne Frage die erste Autorität gewesen war. Seine Ueberlegenheit beruhte auf seiner Methode trigonometrischer Durchrechnung und der Gründlichkeit und Gewissenhaftigkeit, mit der er sie angewandt hat. Ihr ist es zu danken, dass sich die deutsche Optik aus dem tiefen Verfall der 50er Jahre so schnell und glänzend erhob, und seiner Meisterschaft im Rechnen gelang es, sie in der Zeit des alten Glases auf dieser Höhe zu halten. Die von ihm zu Patentzwecken publicirten Objektive geben vollgültige Belege für unsere bewundernde Anerkennung; in der Angabe der Daten wird nichts versteckt und nichts verheimlicht, im Gegentheil tritt fast in allen Fällen die Absicht des Konstrukteurs klar zu Tage.

Als Forscher auf dem Gebiete der photographischen Optik steht er in einem sehr deutlichen Gegensatz zu J. PETZVAL. Wohl ist ihm die Genialität des letzteren nicht eigen gewesen, aber es geht ihm auch ganz dessen Versteckheit ab, und an Gründlichkeit

hinsichtlich der hinterlassenen Daten übertrifft er ihn weit. Ihm liegt garnichts daran, Dunkel über seine Konstruktionen zu verbreiten; im Gegentheil versucht er immer und immer wieder, dem Publikum Interesse an der photographischen Optik durch musterhaft klare Aufsätze beizubringen. Litterarischem Kampf ist er von Grund aus abgeneigt; so bleibt er bei dem unberechtigten Angriffe J. H. DALLMEYER's 1874/75 ganz ruhig und gemessen und kann 1878 zu einer Stellungnahme zu dem Euryskop FR. VON VOIGTLÄNDER's trotz grosser Mühe, die sich seine Londoner Agenten MURRAY & HEATH gaben, nicht bewogen werden.

So steht er vor uns als eine durchaus sympathische Persönlichkeit und von entscheidender Bedeutung für den zweiten Abschnitt der Entwickelungsgeschichte des photographischen Objektivs, im wahren Sinne des Wortes ein Mann, der sein Pfund nicht vergraben hatte.

d. H. Zincke*) gen. Sommer.

Leben.

Auf dasselbe Jahr, 1858, in welchem A. STEINHEIL den Doktorgrad erreichte, fällt die Promotion eines anderen Mannes, der, wenn auch nicht in dem hohen Maasse wie dieser, doch von Wichtigkeit für die Entwickelung der Optik in diesem Zeitraume ist. Es ist das der Stiefsohn FR. VOIGTLÄNDER's, HANS FRIEDRICH AUGUST ZINCKE gen. SOMMER [* 20. Juli 1837]. Wir begegnen ihm zunächst als einem Schüler von J. B. LISTING in Göttingen, können dann sein Aufsteigen in den Lehrerstellen am Braunschweiger *Collegium Carolinum* (1859—66) verfolgen und sehen ihn zuletzt (1875) als Direktor dieser inzwischen in eine technische Hochschule umgewandelten Anstalt. Im Jahre 1881 zog er sich in das Privatleben zurück, um in erster Linie seine musikalischen Interessen zu pflegen.

Schon seine Promotionsschrift „Zur Bestimmung der Brechungsverhältnisse" war für einen angehenden Optiker günstig gewählt, und sehr bald erschien eine Arbeit von ihm aus dem Gebiete der theoretischen Optik. Wann er für den ihm persönlich nahestehenden Leiter der optischen Anstalt Braunschweigs zu rechnen begonnen hat, ist mir nicht bekannt geworden. A. CLAUDET berichtet (*5.*) über seine Betheiligung an der Lösung des Problems, durch Variation der Brennweitenlänge des Aufnahmeobjektivs Schärfe über

*) Nach einer Originalmittheilung von ihm in (P) so richtiger, als der auf seinen Schriften befindliche Name ZINKEN.

eine grössere Tiefenerstreckung zu erzielen, doch wird man diese Beschäftigung noch nicht direkt als eine solche mit Problemen der konstruktiven Optik bezeichnen. Seine optischen Rechnungen für Fr. Voigtländer habe ich nur bei Ch. Fabre (*1. I. 124.*) erwähnt gefunden.

Bildkrümmung im Meridionalschnitt.

Von seinen theoretischen Arbeiten ist für den hier verfolgten Zweck zunächst die im Jahre 1864 entstandene (*1.*) von Bedeutung, welche nachweist, dass sich die Petzval'sche Gleichung für die Bildkrümmung ohne weiteres ergebe, wenn das Aufnahmeobjektiv nur koncentrische Flächen besitze, in deren gemeinsamen Mittelpunkt die Blende stehe. Betrachtet man dagegen für ein ohne diese Beschränkungen vorausgesetztes Objektiv den Verlauf zweier benachbarter, von einem Objektpunkt ausgehender Meridionalstrahlen, so erhält man ein von der Petzval'schen Gleichung abweichendes Resultat, in dem noch der Abstand des Kreuzungspunktes der beiden Strahlen enthalten ist. Ueber das Verhältniss dieser Arbeit zu dem erwähnten Theorem ist schon gelegentlich der Petzval'schen Theorie S. 270 gehandelt worden.

Dioptrik der Linsensysteme.

Ganz eingehend beschäftigte er sich in der sechs Jahre später veröffentlichten Monographie über die Dioptrik der Linsensysteme (*2.*) mit der analytischen Behandlung der photographischen Optik. Seine Darstellung ist wohl neben den Arbeiten von L. Seidel am ausführlichsten gehalten, wenn man nur die Schriften ins Auge fasst, die sich mit den photographischen Objektiven allein befassen.

In der Art der Behandlung des Problems erkennt man insofern J. B. Listing's Schüler, als den Gauss'schen Hauptpunkten und ihrer Knotenpunktseigenschaft besonderer Werth beigelegt wird. Die Hauptpunkte sind daher für ihn auch die nothwendigen Orte der Ein- und Austrittspupillen, und er fordert konsequenter Weise zur Erzielung der Distortionsfreiheit die Abwesenheit von sphärischen Aberrationen in den Hauptpunkten. Diese Forderung ist für die Pupillenorte an sich von unserem Autor nicht ausgesprochen worden.

Mit Hilfe unglaublich mühseliger analytischer Entwicklung wurden in seiner Arbeit unter Berücksichtigung der Linsendicken Ausdrücke formulirt für die hauptsächlichsten Fehler des Objektivs, und damit Mittel angegeben zu ihrer gänzlichen oder partiellen Hebung. Besonders die Bedingungen der bestmöglichen Vereinigung der schiefen Büschel hat H. Zincke gen. Sommer scharfsinnig angegeben und auch den Einfluss der Stellung einer endlich geöffneten Blende zu erkennen gesucht. Wenn er, wie seine Vorgänger zum Theil auch, bei der Berücksichtigung der Winkelpotenzen niederen Grades — er ging nicht über die Aberrationen erster Ordnung hinaus — stehen blieb, so ist das eine allgemein als berechtigt angesehene erste Annäherung; anderseits gilt hier wie bei dem Altmeister J. Petzval das Wort: „an ihren Früchten sollt ihr sie erkennen", und wäre nichts weiter von unserem Autor vorhanden als sein modificirtes Petzval-Objektiv, so müsste man ihn doch wohl unter die erfolgreichen Analytiker rechnen.

Hier sind nun zunächst seine Anschauungen über die chromatische Korrektion von Wichtigkeit, welche sich kurz dahin zusammenfassen lassen, dass die Achromasie der Brennweite bezw. der Schnittweite gefordert wird. Die Achromasie sei durchzuführen für die optisch wirksamsten Strahlen zwischen D und E und für die aktinisch bedeutsamsten zwischen G und H. Er

empfahl, die Berechnung des Systems mit den Indices der aktinischen Strahlen durchzuführen. In dem Ziffernbeispiel, mit welchem er nachher seine Theorie erläuterte, dem schon erwähnten lichtstärksten Portraitobjektiv, wurde allerdings eine optische Korrektion herbeigeführt, vielleicht um eine direkte Verwendung der mitgetheilten Daten in der Praxis auszuschliessen. Auch für einen Aplanattypus wurde die Rechnung angelegt, welcher zur Abbildung ebener Objekte in gleicher Grösse dienen sollte, doch sind hier überhaupt keine Glasarten specialisirt, geschweige denn Radien angegeben.

Es sei übrigens an dieser Stelle bemerkt, dass er im Anfange des Theiles über die praktischen Anwendungen die Ableitung für eine einfache Linse giebt, in welcher durch passende Wahl der Dicke die Achromasie der Brennweiten erreicht ist. Er scheint der erste gewesen zu sein, der diese Beobachtung gemacht hat.

Konstruktionstypen von H. Zincke gen. Sommer.

Was die auf ihn zurückzuführenden Systeme angeht, so erwähnten wir das in ähnlicher Weise wie bei J. H. Dallmeyer kombinirte Portraitobjektiv mit der Oeffnung 1 : 2.4 schon unter den Modifikationen der Petzval'schen Konstruktion auf S. 275.

Der sphärische Korrektionszustand ist in hohem Maasse befriedigend, trotz der gewaltigen Oeffnung ist der Maximalbetrag der Zonen nur etwa — 0.6 mm in den Schnittweiten, während die Brennweiten eine noch erheblich geringere Variation zeigen.

Hinsichtlich der schiefen Büschel ist zu bemerken, dass hier die angenäherte Ebenung des Bildfeldes etwa erreicht ist. Die astigmatische Differenz bei etwa $15^1/_2{}^0$ Hauptstrahlneigung beträgt nahezu 5 mm; die Abweichung der meridionalen Büschel ist die stärkere.

Es ist mir nicht bekannt geworden, ob das System je ausgeführt wurde.

Hinsichtlich des von ihm berechneten Euryskops ist auch nicht viel an die Oeffentlichkeit gelangt. Ch. Fabre giebt an dem angeführten Orte keine Daten und nach H. Schroeder (*4. 201.*) sind die in der Voigtländer'schen Patentschrift angegebenen Daten nicht zutreffend.

Ob ich im Rechte mit meiner Vermuthung bin, das S. 276 erwähnte ungefähr gleichzeitige Patent auf ein Portraitobjektiv mit verkitteter Hinterlinse sei ebenfalls auf H. Zincke gen. Sommer zurückzuführen, wird sich erst aus dem Verhalten der Voigtländer-schen Anstalt dieser Annahme gegenüber entscheiden lassen. Jedenfalls sei der Korrektionszustand jenes Systems an dieser Stelle besprochen.

Nach den angestellten Rechnungen steht die sphärische Aberration nicht weit hinter der von J. Petzval erreichten zurück, und es ist wohl anzunehmen, dass der Zustand derselben sowohl für Schnitt- als für Brennweiten im photographisch wirksamen Theile des Spektrums ein noch günstigerer sein wird, als für gelbes Licht. In der Vereinigung der schiefen Büschel ist gegenüber der alten Form wohl ein Fortschritt erreicht. Innerhalb des betrachteten

Winkels von etwa 12° ist das Feld der meridionalen Büschel geebnet, während die sagittalen für 12° eine astigmatische Differenz von etwa 1.5 mm zeigen.

Dass sich dieses System nicht eingeführt hat, konnten wir schon oben, S. 276, bemerken.

Seine Stellung in der Optik.

H. ZINCKE gen. SOMMER ist so der letzte Repräsentant derjenigen Theoretiker, welche die Verbesserung der photographischen Objektive auf Grund allgemeiner analytischer Entwickelungen zu erreichen suchen. Es werden die Koefficienten von Reihenentwickelungen in ihrer Abhängigkeit von den Bestimmungsstücken der Konstruktion (Radien, Dicken, Abständen und Glasarten) dargestellt, und die willkürliche Werthbestimmung dieser Koefficienten — beispielsweise ihre Nullsetzung — liefert Gleichungen zwischen jenen Bestimmungsstücken.

Wir fanden J. PETZVAL als ersten und glänzendsten Bahnbrecher dieser Richtung, sehen sie dann von L. SEIDEL mit bewunderungswürdiger Exaktheit durchgeführt, ohne dass sie jedoch, soweit man aus dem veröffentlichten Material Schlüsse ziehen kann, zu bemerkenswerthen praktischen Resultaten geführt hätte. Hier erscheint in H. ZINCKE gen. SOMMER ihr letzter Vertreter; denn diejenigen Analytiker, die nach ihm kommen, stehen in keiner direkten Berührung mit der Praxis.

Diese Methode wich der Anwendung der Trigonometrie auf die geometrische Optik, indem nämlich rechnerisch der Weg eines Strahles durch das System verfolgt wurde. Diese Art, die Aufgabe anzugreifen, war alt, doch konnte sie erst ihre Erfolge zeitigen, als L. SEIDEL gelehrt hatte, auch windschiefen Strahlen auf ihrem Wege durch das System zu folgen.

e. Das photographisch-optische Interesse in Deutschland in der Steinheil'schen Periode.

Die periodische Litteratur in der phot. Optik.

Schon früher hatten wir darauf hingewiesen, dass irgend welche Antheilnahme an den Problemen der photographischen Optik, sei es für die Konstruktion oder für die Benutzung des photographischen Objektivs in Deutschland nicht in nennenswerthem Maasse erkenntlich wird. In dem hier betrachteten Zeitraum nehmen wir eine Besserung nicht wahr; schroff ablehnend stand der Portraitphotograph allen den Artikeln gegenüber, die auch nur auf eine geometrische Zeichnung Bezug nahmen, und gar die Entwickelung einer Formel genügte, um den Verfasser als verwerflichen Theoretiker erscheinen zu lassen. Diese Auffassung stand so sicher be-

gründet, dass selbst Leute wie A. Steinheil, der sich doch gewiss eines berechtigten Ansehens erfreute, in ihren Entwickelungen auf dem Boden der allerelementarsten Ueberlegungen stehen blieben. Geschah das nicht, so gingen die Arbeiten völlig unbeachtet an dem Publikum vorüber, und so kam es, dass sehr verdienstliche Aufsätze, wie beispielsweise die erste Anleitung zur Auswahl mit den interessanten Bemerkungen über die grössere Lichtstärke kleinerer Objektive, wenn es auf weite Erstreckung der Tiefenschärfe ankommt, gänzlich in Vergessenheit geriethen.

Allerdings beschränkte sich die Zahl derartiger Schriftsteller, die überhaupt noch einen Versuch machten, Informationen auf optischem Gebiet in grösserem Kreise zu verbreiten, eigentlich auf A. Steinheil allein. Amateure aber gab es in Deutschland nur in so verschwindend geringer Zahl, dass sie kaum ins Gewicht fielen, und auf keinen Fall kamen sie zum Wort. Der Grund dafür scheint in der mangelnden Gewöhnung des deutschen Publikums an die richtige Benutzung der Presse zu liegen. So fehlt in den deutschen photographischen Zeitschriften das Analogon zu der umfangreichen Rubrik der englischen Journale *Letters to the Editor* völlig, und es ist ganz ausserordentlich selten, dass in der geschilderten Zeit eine Diskussion durch mehrere Nummern hindurch geführt wird. Auf optischem Gebiete ist mir ausser dem schon erwähnten Falle A. Weiske und C. Miersch, von Prioritätsreklamationen abgesehen, nur noch der Fall Philipp Remelé bekannt. Dieser tüchtige Landschaftsphotograph wurde durch die Lektüre des Dallmeyer'schen Artikels (*8.*) über den Blendenfleck zu eigenen Versuchen in dieser Richtung angeregt, über die er dann berichtete. Er kam dabei zu dem mit dem Sutton'schen gut übereinstimmenden Ergebniss, dass eine Aenderung des Blendenabstandes bei seiner Landschaftslinse den Blendenfleck zum Verschwinden bringe.

Objektivprüfungen.

Die Beachtung, welche der photographischen Optik von Seiten der Fachvereine geschenkt wird, besteht in der Mittheilung von Prüfungsresultaten, die mit Objektiven verschiedener Herkunft erhalten wurden, sei es nun, dass Prüfungen vorgenommen wurden von besonders zu diesem Zweck gewählten Ausschüssen, wie das in Frankreich Regel war und im Beginne der hier geschilderten Periode auch in Oesterreich geübt worden ist, oder dass einzelne Berichterstatter über eine von ihnen vorgenommene Prüfung in mehr oder minder officieller Form vortrugen. Aus solchen Berichten lässt sich nun meistens kein für unsere Zwecke genügendes

Bild der Leistungsfähigkeit der geprüften Systeme entnehmen; immerhin bilden sie ein sicheres Mittel, die aus anderen, theilweise späteren Quellen entnommenen Nachrichten zuverlässig zu datiren.

Die in Deutschland auftretenden Neuerungen stammen nun um diese Zeit fast ausschliesslich von A. STEINHEIL, eine bedeutend geringere Rolle spielt die VOIGTLÄNDER'sche Anstalt, und nur zeitweilig taucht der Name des betriebsamen E. BUSCH in Verbindung mit Neukonstruktionen in den Journalen auf. Die neuen Typen des erstgenannten sind bereits eingehend besprochen worden.

FR. VOIGTLÄNDER's Rücktritt und die Neuerungen der optischen Anstalt.

Die optische Anstalt von FR. VOIGTLÄNDER hatte im Beginn des besprochenen Zeitraumes endgültig ihre Geschäftsstelle in Wien aufgehoben und beschränkte sich auf die Fabrik in Braunschweig. Die letzten Lebensjahre FRIEDRICH VOIGTLÄNDER's verliefen in geschäftlicher Hinsicht ruhig; wenn auch, wie wir oben sahen, H. ZINCKE gen. SOMMER aller Wahrscheinlichkeit nach mit Rechnungen für seinen Stiefvater beschäftigt war, so hören wir doch von Ausführungen seitens der Firma nichts. Die Objektive, die die optische Anstalt 1872 als Kabinettlinsen herausgab, sind wohl PETZVAL'sche Portraitobjektive mit etwas längerer Brennweite gewesen, bei denen man auf ein Oeffnungsverhältniss von 1:3.57*) herabgegangen war.

Der Gesundheitszustand FR. VOIGTLÄNDER's wurde gegen die Mitte der 70er Jahre immer schlechter, bis am 7. April 1878 der Tod des 66jährigen Mannes erfolgte. Schon anderthalb Jahre vorher, am 1. Okt. 1876,**) war die optische Anstalt formell an den einzigen Sohn, FRIEDRICH VON VOIGTLÄNDER, übertragen worden, der die thatsächliche Leitung schon längere Zeit ausgeübt hatte.

Sehr bald darauf begann die Firma VOIGTLÄNDER & SOHN mit der Einführung von Neuheiten, von denen zunächst das Euryskop im Jahre 1877 erschien; dieses Objektiv ist als ein sehr lichtstarker Aplanat zu bezeichnen, bei dem abweichend von A. STEINHEIL zwei im Brechungsexponenten weit auseinanderliegende Glasarten verwendet waren. Das Objektiv wird in der Patentschrift charakterisirt als sphärisch für violettes Licht korrigirt, ganz wie das zehn Jahre früher von A. STEINHEIL für seinen Aplanaten geschehen war. Aus diesem Korrektionszustande, der 1870 von H. ZINCKE gen. SOMMER als günstig hingestellt war, würde sich in gewisser Weise auch noch die von CH. FABRE (*1. I. 124*) ausgesprochene Meinung

*) Ph. M. 1872/1873. **9.** 54.
) Ph. C. 1876. **13. No. 152. 235.

stützen lassen, der letztgenannte Theoretiker habe das Euryskop berechnet.

Es sei gleich hier bemerkt, dass die VOIGTLÄNDER'sche Anstalt noch im Laufe dieses Zeitraumes, nämlich 1886, ein ganz lichtstarkes Euryskop — Portrait-Euryskop genannt — herausbrachte. Die Einführung desselben nach England gab TH. R. DALLMEYER Gelegenheit festzustellen,*) dass sein Vater J. H. DALLMEYER bereits Anfang 1870 ein *portrait-rectilinear* (1 : 4) der Londoner photographischen Gesellschaft vorgeführt hatte.

Ueber den geistigen Urheber der übrigen Neuerungen bleiben wir ganz im Unklaren.**) Zunächst ist nach H. W. VOGEL (2.) eine allerdings nicht eingeführte Neukonstruktion eines symmetrischen Objektivs zu erwähnen, dessen Vorder- und Hinterglied aus je zwei einzelstehenden Linsen bestand.



Fig. 120.
FR. VON VOIGTLÄNDER: Schema zum Objektiv mit acht reflektirenden Flächen vom Jahre 1879. Quelle: H. W. VOGEL. 2. (Konstruktionsdaten unbekannt.)

Von grösserer Bedeutung ist aber die oben S. 276 beschriebene Modifikation des PETZVAL'schen Portraitobjektivs mit verkitteter Hinterlinse, die um diese Zeit eingeführt wurde. Die Aenderung erschien wichtig genug, sie durch Patente schützen zu lassen, die im November 1878 ertheilt wurden. Man wies von Seiten der einführenden Firma auf den geringeren Lichtverlust hin, der durch die Verkittung des Hintergliedes erreicht wurde. Wir haben schon oben, S. 276, erwähnt, dass diese Konstruktion nicht lange gehalten, sondern schon 1885 durch eine andere ersetzt wurde, welche, soweit Typus und Radien in Betracht kommen, eine gewisse Aehnlichkeit mit der DALLMEYER'schen Modifikation von 1866 nicht verleugnet.

Die Konstruktionen von E. BUSCH.

Der vorher erwähnte E. BUSCH in Rathenow hat seinerseits ebenfalls einige Aenderungen vorgenommen, die hier kurz erwähnt sein mögen. Im Portraitobjektiv führte er eine Verstellbarkeit des Abstandes der beiden Linsenkombinationen ein, um je nach Bedürfniss entweder den Astigmatismus oder die Bildfeldkrümmung besser zu kompensiren. Sein Universaltriplet, welches ungefähr 1867 erschien, scheint — genaue Beschreibungen sind mir nicht

*) Siehe B. J. 1886. **33.** No. 1380. 657.

**) Ich möchte ihn in H. ZINCKE gen. SOMMER vermuthen und erhielt für das in Fig. 120 dargestellte System eine Bestätigung dieser Ansicht durch Herrn D. KAEMPFER im Laufe eines am 17. Juni 1899 geführten Gesprächs.

zugänglich gewesen — eine Modifikation des DALLMEYER'schen Triplets gewesen zu sein. Sein wichtigster Eingriff war wohl die im Jahre 1876 erfolgte Herausgabe von Aplanaten nach STEINHEIL-schem Muster.*) Genaueres über diese Konstruktion anzugeben hat keinen Werth, da dieselbe gelegentlich der STEINHEIL'schen Erfindung genügend besprochen ist.

Die Entwicklung der Satzobjektive.

Besonderen Raum müssen wir hier noch der Einführung der Satzobjektive widmen. Schon bei der Darstellung der französischen Optik war, S. 123, darauf hingewiesen worden, wie nach dem Vorgange von TH. DAVIDSON und etwa gleichzeitig mit J. ZENTMAYER sich auch A. DARLOT im Jahre 1866 mit der Zusammenstellung eines Satzes und zwar aus neun achromatischen, unter einander unähnlichen Einzelsystemen beschäftigt hatte. Ob diese Sätze in Vergessenheit geriethen oder nur nicht besprochen wurden, vermag ich vor der Hand nicht zu entscheiden. Jedenfalls vermisste G. PIZZIGHELLI im Jahre 1880 einen solchen Satz und liess sich durch A. STEINEIL ein Surrogat dafür anfertigen. Vier Aplanate desselben Linsendurchmessers von 23 mm, aber verschiedener Brennweiten, nämlich von 242, 340, 415, 519 mm, liessen sich je nach Bedürfniss an einem und demselben Objektivring anbringen und mit demselben System von Schieberblenden benutzen. Für Landschaftsaufnahmen bestimmt, ermöglichte dieses System Aufnahmen von demselben Standpunkte aus in den vier Maassstäben 1, 1.4, 1.7, 2.1. Nach J. M. EDER (*1. 153.*) brachte die gleiche Firma schon im Jahre darauf, 1881, einen Landschaftslinsensatz heraus, der der ersten Einrichtung gegenüber entschiedene Vortheile aufwies. Nach dem Aplanattypus wurde ein hemisymmetrisches Objektiv hergestellt, in welchem die Brennweiten der Einzellinsen ($l_1 : l_2$) sich wie 4 : 5 verhielten, und die Reihe wurde doppelt fortgesetzt, so dass

---

*) Ph. M. 1876/1877. **13.** 147; 153; 187; 267.
Es ist mir nicht bekannt, warum A. STEINHEIL sein bayrisches Patent von 1866 nicht in ein deutsches Reichs-Patent umwandeln liess; möglicherweise stand die Priorität TH. GRUBB's im Wege. Die in Rathenow 1876 erscheinende Nachahmung kam gerade zehn Jahre nach der Ertheilung des bayrischen Patentes heraus und blieb, soweit die eingesehenen photographischen Zeitschriften melden, seitens A. STEINHEIL's ohne jede Kritik. Sehr bald darauf, im Jahre 1877, trat dann die VOIGTLÄNDER'sche Anstalt mit ihrer Aplanatkonstruktion, dem Euryskop, hervor, die durch ein englisches Patent zu schützen man in Braunschweig für nöthig befand. Obwohl sich an die Wiedergabe der VOIGTLÄNDER'schen Patentschrift eine ziemlich lebhafte Korrespondenz hinsichtlich ihrer Neuheit knüpfte (B. J. 1878. **25.** Febr.- und Märznummern), an welcher sich A. STEINHEIL's Londoner Agenten MURRAY & HEATH energisch betheiligten, gelang es deren Bemühungen nicht, A. STEINHEIL zu einer öffentlichen Stellungnahme in dieser Frage zu bewegen.

also noch gilt $l_2 : l_3 = 4 : 5$ und $l_3 : l_4 = 4 : 5$. Auf diese Weise erhielt man einen aus vier Einzellinsen bestehenden Satz, bei dem praktisch sechs verschiedene Brennweiten zur Verfügung standen, von denen drei durch die lichtstarken Doppelobjektive und drei durch die längeren Einzelbrennweiten geliefert wurden. Die kurzbrennweitige Einzellinse ergab die gleiche Brennweite, wie das grösste Doppelobjektiv; die durch den vierlinsigen Satz mögliche Maassstabsabstufung war die folgende: 1, 1.3, 1.6, 2.0, 2.5, 3.1. Bei diesem STEINHEIL'schen Satz ist nach der EDER'schen Darstellung das Doppelobjektiv korrigirt, die Einzellinsen hatten naturgemäss nur kleine Oeffnungsverhältnisse, die drei letzten etwa 1:17.4, 1:21.7 und 1:27.

Diese Neuerung scheint aber keinen sehr grossen Eindruck gemacht zu haben, wahrscheinlich war das Interesse von der gleichzeitig gebrachten Antiplanetkonstruktion völlig absorbirt. Einen weiteren Anstoss auf dem Gebiete der Satzkonstruktionen gab dann É. FRANÇAIS mit seinem oben S. 129 besprochenen *objectif rectilinéaire à foyers multiples.*

J. LEMLING.

Erwähnung verdient hier ein 1875 von dem Photographen JOSEPH LEMLING herausgegebener Versuch historischer Darstellung der Photo-Optik. Das Buch ist rein aus der Praxis heraus geschrieben von einem Manne, der, ohne theoretische Vorbildung zu besitzen, sich über die Wirkungsweise der Objektive seine Ansichten gebildet hatte. Nun mögen ja seine Kenntnisse immerhin noch grösser gewesen sein, als die seiner derzeitigen Kollegen, doch macht das Buch einen konfusen Eindruck und wirkt direkt abstossend durch die maasslose Selbstüberschätzung des häufig nur halb unterrichteten Verfassers, der, Ehrlichkeit und Unhöflichkeit als untrennbar ansehend, seine dunkeln Orakelsprüche in einem ganz ungehörigen Tone abgiebt. Die eingestreuten Verse passen ausgezeichnet zu der ganzen Art der Darstellung.

J. M. EDER's Sammelwerk

Von wirklichem Werthe ist erst die historische Darstellung der photographischen Optik von JOSEF MARIA EDER [* 16. März 1855], welche in erster Auflage 1882 erschien, und neun Jahre darauf eine zweite erlebte.

Ganz abgesehen von dem grossen Fleisse, den der Verfasser auf die Sammlung einer grossen Menge zum Theil schwierig zu beschaffender Einzelheiten verwandt hat, besitzt dieses Buch den Charakter eines Quellenwerks. Einmal hat J. M. EDER den Inhalt einer ganzen Reihe veröffentlichter Patentschriften in dieses Werk aufgenommen und so dieselben leichter und mit geringeren Kosten

zugänglich gemacht, andererseits aber hat er durch seine Verbindung mit verschiedenen optischen Werkstätten viel bisher unveröffentlichtes Material beigebracht. In erster Linie gilt dies von A. STEINHEIL's Anstalt, aus der die alten bayrischen Patentschriften ihm mitgetheilt wurden; aber auch bei Konstruktionen der VOIGTLÄNDER'schen Firma verdankt man ihm Hinweise, die sonst nicht erhältlich waren.

Im übrigen gelten die schon bei der Erwähnung des FABRE-schen Werkes S. 133 gemachten Bemerkungen hinsichtlich der von mir empfundenen Arbeitserleichterung auch für dieses Werk in gleicher Weise.

3. Die Geschichte des optischen Glases und die Benutzung der neuen Glasarten bis zur Aufstellung des Anastigmatprincips.

Im vorigen Abschnitte war der Hauptsache nach von den Verdiensten die Rede gewesen, welche A. STEINHEIL sich um die photographische Optik erworben hat; der Anstoss zu neuen Erfolgen, die gewaltig wie nie zuvor, das gesammte Gebiet der ausführenden Optik erschüttern und eine grosse Umwälzung in den Produktionscentren hervorbringen sollten, dieser Anstoss kam von anderer Stelle.

Es wird nöthig sein, viel weiter auszuholen, wenn man ein vollständiges Verständniss der auf unserem Gebiete neu auftretenden Kräfte vermitteln will.

Die deutsche Optik am Ausgang des 18. Jahrhunderts.

Die entsetzlichen Wunden, die der dreissigjährige Krieg unserem Lande geschlagen, konnten in den nächsten Menschenaltern nicht verheilen; unsere nationale Kultur war dahin, die vormals hohe Blüthe des Handwerks geknickt. Die wirthschaftlichen und politischen Verhältnisse in der Folgezeit waren nicht geeignet, hier einen Umschwung herbeizuführen, und so war es kein Wunder, dass gegen das Ende des vorigen Jahrhunderts die Verfertigung von optischen Instrumenten in unserem Vaterlande so gut wie garnicht geübt wurde. Schon bei Gelegenheit der Geschichte der alten *camera obscura* konnte beispielsweise darauf hingewiesen werden, wie wenig Antheil in unserem Lande diesem Instrumente geschenkt wurde.

Aufschwung durch J. FRAUNHOFER.

Hier wurde erst durch die an glänzenden Erfolgen reiche Thätigkeit Wandel geschafft, welche J. FRAUNHOFER in München

entfaltete. Der genialen Anlage und der wissenschaftlichen Schulung desselben war es zu danken, dass dieses Kunsthandwerk in Deutschland festen Fuss fasste und auch unter seinen nicht besonders begabten Nachfolgern seinen Boden behauptete.

Aufschwung durch J. PETZVAL.

Ein ungewöhnlicher Glücksfall, die Heranziehung J. PETZVAL's für die Interessen der photographischen Optik, verschaffte der deutschen Optik einen zweiten Anstoss, der sie für einige Zeit an die Spitze der photo-optischen Bestrebungen brachte; doch löste sich die für diesen Zweig der deutschen Industrie charakteristische Verbindung von wissenschaftlich und technisch geschulten Kräften durch beiderseitige Schuld nach kurzem Bestehen, und eine köstliche Zeit wurde versäumt.

Die Aufnahme der PETZVAL'schen Entdeckung im Auslande, namentlich in England, lässt uns erkennen, dass der rein technische, handwerksmässige Stand des Gewerbes dort wohl ein noch höherer war, als bei uns, und selbständige Männer arbeiten mit Geschick an dem Ausbau des photographischen Objektivs. Von Frankreich vermag man diesen Eindruck weit weniger zu erhalten: Neben CH. CHEVALIER finden wir auf photographischem Gebiete nur noch I. PORRO, der die Bezeichnung eines selbständigen Geistes verdient. Anders scheint die Lage in der Mikroskopfabrikation gewesen zu sein. Hier herrschte wenigstens auf dem Kontinent die französische Produktion, in der wir auch eine Reihe angesehener deutscher Namen finden.

C. ZEISS.

Da beginnt nun eine Aenderung allmählich sich vorzubereiten. Ein junger Mechaniker, CARL FRIEDRICH ZEISS [11. Sept. 1816, † 3. Dec. 1888], geboren am 11. Sept. 1816,*) eröffnete im Jahre 1846 eine kleine optische Werkstätte in der thüringischen Universitätsstadt Jena. Er erfreute sich der thätigen Antheilnahme des Botanikers M. J. SCHLEIDEN und gewann sich in seinem kleinen Kreise einen festbegründeten Ruf. Mit grosser Energie versuchte er durch eigene Anstrengungen zu einer Lösung der Frage zu kommen, ob es nicht möglich sei, ein optisches Instrument, im besonderen ein Mikroskop, ähnlich wie ein mechanisches Kunstwerk nach einem vorher entworfenen Plane anzufertigen und so das unsichere Tatonnement zu vermeiden. Er sah bald ein, dass zu diesem Werke seine Vorbildung nicht ausreiche, und dass er andere Kräfte heranziehen müsse. So befand er sich ungefähr in der gleichen Lage, wie sein Zeitgenosse J. T. GODDARD, der, ebenfalls ein Mechaniker mit ge-

*) Nicht 1818, wie (P) angiebt.

ringer wissenschaftlicher Vorbildung, ähnliche Ziele wie der Mikroskopoptiker C. Zeiss für Fernrohr und photographisches Objektiv erstrebte. Aber während dessen Ruf nach wissenschaftlicher Hilfe ungehört verhallte, war unser Landsmann glücklicher: Zwar der erste Versuch mit dem Jenaer Gelehrten Fr. W. Barfuss misslang, doch liess sich C. Zeiss nicht abschrecken und fand nach mehreren Jahren in dem Physiker und Astronomen Ernst Abbe den Mann, der ihm noch fehlte. Und nun folgte die Zeit der glänzenden Erfolge, die beiden Männern in so reichem Maasse zu Theil wurden, ohne dass je einer von ihnen in kleinlicher Eifersucht mit dem andern um Ruhm oder Erfolg gerechtet hätte. Von den Aussenstehenden wird die Schönheit dieses Verhältnisses kaum recht gewürdigt; diese nehmen gewöhnlich das Geschehene als selbstverständlich hin. Aber man vergegenwärtige sich nur einmal das berufene Verhältniss von J. Petzval und Fr. Voigtländer zu einander, um einzusehen, wie leicht durch eine egoistische Verfolgung des eigenen Vortheils ein Zusammenwirken unmöglich wird. Man muss nun sagen, dass in der Präcisionsoptik und gerade auf dem Gebiete der Mikroskopfabrikation der Charakter des Kunsthandwerks so ausgeprägt ist, wie nur möglich. Der Rechner kann ja nur die Daten angeben, die Ausführung liegt dann in der Hand des Optikers, und seine Kunstfertigkeit hat an dem erzielten praktischen Erfolge einen vollen Theil. Ein Angestellter der Zeiss'schen Werkstätte, August Löber, betheiligte sich in besonders hohem Maasse an diesen Versuchen, und ihm gelang die selbständige Wiedererfindung der von J. Fraunhofer angegebenen Probirglasmethode.

C. Zeiss erlebte die Freude, seine kleine Werkstätte einen Weltruf erringen zu sehen. Nach schwerer Krankheit raffte den 72jährigen am 3.*) Dec. 1888 der Tod dahin.

E. Abbe.

Sein Mitarbeiter, E. Abbe, war am 23. Jan. 1840 zu Eisenach geboren, studirte in Jena und Göttingen und habilitirte sich schliesslich anfangs der 60er Jahre zu Jena für Astronomie. Er hatte in der ersten Zeit seiner wissenschaftlichen Arbeit für die Werkstätte die Aufgabe lösen müssen, die Mikroskopoptik auf dem Boden der Wellentheorie neu zu begründen. Erst danach war er in den Stand gesetzt, die Grenzen zu bestimmen, innerhalb deren die trigonometrische Rechnung, wie man sie auf Grund der Anschauungsweise der geometrischen Optik anstellt, zulässig ist. Hierauf einzugehen würde zu weit führen, denn für den vorliegenden Zweck,

*) Nicht am 1., wie (P.) angiebt.

die Betrachtung des photographischen Objektivs, ist, wie anfangs vorausgeschickt wurde, die geometrische Optik ausreichend. Hier hat E. ABBE neben der Aufstellung eines bestimmten Ganges der Rechenoperationen das grosse Verdienst, einige Hauptforderungen, wie die Sinusbedingung und die Bedingung für die Verzeichnungsfreiheit,*) formulirt zu haben, während er anderseits durch seinen Antheil an der Schaffung der neuen Glasarten des Jenaer Glaswerks auch mittelbar in einschneidendster Weise an dem Umschwunge auch der photographischen Optik betheiligt ist.

Die Geschichte des optischen Glases ist nun von einer derartigen Wichtigkeit für die Fortschritte auf unserem Gebiete, dass wir die Bedeutung des von diesem Manne erzielten Fortschritts gar nicht schildern können, ohne uns eingehend mit den Versuchen zu beschäftigen, welche vorher für die Herstellung optischen Glases angestellt worden sind.

a. Die Geschichte des optischen Glases.

Die Aufgaben der Glastechnik nach J. DOLLOND's Erfindung achromatischer Objektive.

Die Herstellung des optischen Glases konnte erst eine Wichtigkeit erhalten, als infolge der Entwickelung der Optik grössere Anforderungen an die optischen Instrumente gestellt wurden, und sich die Anfertigung von Fernrohrlinsen grösseren Durchmessers als nothwendig herausgestellt hatte. Der wichtigste Fortschritt in dieser Richtung geht auf die Herstellung achromatischer Fernrohrobjektive zurück, die JOHN DOLLOND im Jahre 1757 gelang. Die beiden Glassorten, Crown- und Flintglas, welche nunmehr in grösseren Scheiben herzustellen waren, boten der Schmelzkunst ganz verschieden grosse Schwierigkeiten, so zwar, dass man wohl Crown-, aber nicht Flintglasscheiben etwas grösseren Durchmessers gegen Ende des vorigen Jahrhunderts zu erhalten im Stande war. Dabei war das Vorgehen beim Schmelzen optischen Glases noch garnicht differenzirt, sondern es beruhte das ganze Verfahren im wesentlichen darauf, aus dem für andere gewerbliche Zwecke bereiteten Glase die für optische Instrumente tauglichen Stücke herauszusuchen. So schildert, hier sicherlich gänzlich einwandsfrei, G. BONTEMPS die Versuche des Glasfabrikanten .. D'ARTIGUES, der dem schon erwähnten Optiker R. CAUCHOIS das Material lieferte. Indessen kam man bei dieser Methode doch nur zu recht kleinen

*) Es handelt sich hier um seine Anregung zur Neuentwicklung nicht nur der BOW-SUTTON'schen Bedingung, sondern auch zur Wiederaufnahme der Betrachtungen von R. H. BOW und H. MORTON, worauf ich (3.) hingewiesen habe.

Stücken von etwa 8—11 cm (3—4 P. Z.)*) Durchmesser, und auch auf diese war nicht mit Sicherheit zu rechnen. Die Schwierigkeiten, welche nun gar bei der Herstellung verhältnissmässig dicker Stücke, wie beispielsweise der CHEVALIER'schen Prismen, zu überwinden waren, wurden schon früher (S. 90) besprochen.

P. L. GUINAND's Flintbereitung.

Der erste, welcher sein Augenmerk auf Herstellung speciell optischen Glases, genauer Flintglases, richtete und so die nothwendige Differenzirung im Schmelzgewerbe anbahnte, war der Uhrmacher PIERRE LOUIS GUINAND [* 1748, † 13. Febr. 1824] (P.) aus *les Brenets*, einem kleinen Orte an der französischen Grenze, im jetzigen Kanton Neuenburg. In welcher Weise dieser Mann auf das seinem Berufe so ganz fern liegende Gebiet der Schmelztechnik verschlagen wurde, die er nach G. BONTEMPS völlig als begabter Amateur, d. h. ohne technische Kenntnisse betrieb, wird nicht mehr festzustellen sein. Seine Versuche reichen bis in das Jahr 1775 zurück, waren indessen noch nicht sehr erfolgreich, wie man wohl aus den in seines Sohnes AIMÉ Darstellung mitgetheilten Aeusserungen des Optikers .. ROCHETTE (1795) und des Astronomen J. DE LALANDE (1800) entnehmen kann.

Uebersiedlung nach Benediktbeuren.

Nach derselben Quelle begannen im Jahre 1804 die Verhandlungen mit dem bayrischen Nationalökonomen J. UTZSCHNEIDER, von welchem P. L. GUINAND aufgefordert wurde, Glasproben zur Untersuchung nach München zu senden, da J. UTZSCHNEIDER zur geplanten Erweiterung der LIEBHERR'schen Werkstätte in das mathematisch-mechanische Institut, welches noch im selben Jahre gegründet wurde, eines tüchtigen Glastechnikers bedurfte. Wie das Ergebniss der Prüfung war, ist uns nicht erhalten; jedenfalls wurde eine Begegnung der beiden Männer vorbereitet, und J. UTZSCHNEIDER traf mit den beiden GUINAND's in Aarau zusammen, liess auch im Januar 1805 eine Flintglasschmelze von ihnen auf seine Kosten ausführen. Das Ergebniss der Untersuchung dieses und anderen Glases war nun ein solches, dass P. L. GUINAND Anfang September 1805 nach Benediktbeuren kam. In den beiden hierüber vorliegenden Darstellungen begegnen wir nun einem Widerspruch insofern, als J. UTZSCHNEIDER ihn in seinem Nekrolog auf J. FRAUNHOFER als einen unsicheren Praktiker hinstellte, den für Benediktbeuren anzuwerben bei der Zusammenkunft noch garnicht in seinem Sinne gelegen habe. Nach A. GUINAND's Darstellung aber ist sein Vater von J. UTZSCHNEIDER persönlich zur Ueber-

*) Siehe die Anmerkung auf S. 88.

siedelung nach Bayern veranlasst worden. Wie dem nun auch sein mag, so ward doch erst im Februar 1807 mit P. L. GUINAND ein Vertrag und zwar auf die Dauer von 10 Jahren geschlossen, in welchem demselben ein festes Gehalt von 1600 Gulden Gold*) jährlich und freie Wohnung zugesichert wurden. Die Zwischenzeit, vom Herbst 1805 ab, war zum Bau einer Glashütte und zur Anstellung einiger Versuchsschmelzen benutzt worden. P. L. GUINAND hatte sich verpflichten müssen, sein Geheimniss an J. UTZSCHNEIDER und jede von diesem bestimmte Vertrauensperson mitzutheilen. Dasselbe hat wohl darin bestanden, den Hafeninhalt mit einem aus Tiegelthon hergestellten Zapfen umzurühren. Ganz genau ist man darüber nicht unterrichtet, da dieser Kunstgriff als Geschäftsgeheimniss angesehen wurde, und weder der Bestand der Kenntnisse P. L. GUINAND's noch die von J. FRAUNHOFER eingeführten Verbesserungen in der Folgezeit jemals geschieden veröffentlicht zu sein scheinen. Die verschiedenen Schmelzen wurden anfänglich stets im Beisein von J. UTZSCHNEIDER gemacht, doch litten sie an zwei Mängeln: das Glas war schlierig und variirte im Brechungsexponenten je nach der Stelle im Hafen. Wenn es nun auch gelungen war, die vorläufig ohne Linsen angefertigten Messinstrumente mit Objektiven aus sorgfältig ausgesuchtem Material zu versehen, so entsprach dieses Resultat doch noch nicht den Erwartungen J. UTZSCHNEIDER's.

Einweihung J. FRAUNHOFER's.

Inzwischen — 1807 — wieder in den Staatsdienst berufen, konnte dieser sich um die Glashütte nicht mehr so wie vorher kümmern und liess im Sommer 1809 J. FRAUNHOFER in das Geheimniss einweihen, ja betraute ihn im September 1811 mit der Aufgabe, gemeinsam mit P. L. GUINAND Flintglas zu erzeugen. Schon bei der zweiten Schmelze erzielte J. FRAUNHOFER schlierenfreies Glas homogen durch den ganzen Hafen, ohne indessen seines Erfolges sicher zu sein, denn die späteren Schmelzen misslangen wieder. Erst zwei Jahre darauf gelang es ihm, mit grösseren Häfen von 4 statt 2 Centnern Inhalt, des Erfolges gewiss zu werden.

Kurze Zeit später, am 6. Dec. 1813, reichte P. L. GUINAND seine Kündigung ein und verliess Anfang des nächsten Jahres nach etwa $8^1/_2$jährigem Aufenthalt Benediktbeuren, um sich zunächst gegen eine jährliche Abfindungssumme von 800 Gulden**)

*) Irgend eine Angabe über den Werth dieser Summe in modernem Gelde zu machen, bin ich trotz mancher Bemühungen nicht im Stande. Die Münzverhältnisse Süddeutschlands scheinen um diese Zeit völlig unübersichtlich.

**) Der Werth dieser Summe war ebensowenig zu ermitteln, als der des

von jeder glastechnischen Thätigkeit fern zu halten. Nach übereinstimmenden Berichten übernahm er 1816 eine neue Glashütte, wodurch die Abfindungssumme in Fortfall kam, erbot sich jedoch nach J. UTZSCHNEIDER, bald wieder nach Benediktbeuren zurückzukommen, ein Anerbieten, welches indessen nicht angenommen wurde. In seiner Glashütte erzeugte er nach Angabe seines Sohnes Scheiben für Objektive von 33 und 35 cm Durchmesser, die von N. J. LEREBOURS und R. CAUCHOIS bearbeitet wurden. Später setzte er sich mit der Londoner astronomischen Gesellschaft und auch mit der französischen Regierung wegen der ihm bekannten Glasbereitungsmethode in Verbindung; doch zerschlugen sich die Verhandlungen, und P. L. GUINAND starb am 13. Febr. 1824.*) (P.)

In Benediktbeuren arbeitete J. FRAUNHOFER an der Erzeugung optischen Glases weiter und erzielte nach J. UTZSCHNEIDER bald besseres Glas mit grösserer Sicherheit, als P. L. GUINAND es 1814 vermocht hatte. Das grösste unter J. FRAUNHOFER selbst vollendete Instrument hatte einen Objektivdurchmesser von 24.4 cm (9 P. Z.),**) doch wurde noch zu seinen Lebzeiten das Objektiv für das Bogenhausener Fernrohr mit 28.4 cm ($10^1/_2$ P. Z.) in Angriff genommen, und es war der ganz nach seiner erprobten Methode arbeitenden MERZ'schen Firma möglich, später Glasscheiben zu Objektiven bis zu 38.0 cm (14 P. Z.) und 43.4 cm (16 P. Z.) Oeffnung herzustellen.

Untersuchung der Zusammensetzung des Glases zur Verhinderung des Anlaufens.

Es wäre aber ungerecht, allein bei diesen glastechnischen Erfolgen zu verweilen, da J. FRAUNHOFER seine Aufgabe wesentlich weiter fasste. Er begnügte sich nicht damit, der rein technischen Schwierigkeiten Herr geworden zu sein, sondern hatte die folgenreiche Idee, zu erproben, welchen Einfluss die verschiedenen Bestandtheile des Glasflusses auf die Eigenschaften des fertigen Glases hätten.

Seine Versuche (2.) bezogen sich einmal auf das Verhalten verschiedenartig zusammengesetzter Gläser gegenüber der oxydirenden Wirkung der Luft. Er fand, dass ein Zusatz von Kalkerde zu Quarz und Kali das Anlaufen des

---

Gehalts. Ja es liess sich nicht einmal das damalige Werthverhältniss zwischen Gulden und Gulden Gold — beides nur Rechnungseinheiten — mit Sicherheit feststellen.

*) L. LOEWENHERZ (1.) giebt 1823 an, stimmt indessen mit SH. MUSPRATT nicht überein, der den Tod P. L. GUINAND's einige Zeit nach 1824, dem Jahre der später zu erwähnenden Kommissionssitzungen der Londoner astronomischen Gesellschaft, eintreten lässt. Die auf Nachforschungen von R. WOLF in Zürich beruhenden Angaben in (P.) scheinen zuverlässiger.

**) Die Angabe der Objektivdurchmesser erfolgt bei L. LOEWENHERZ (2.) nach den kleineren bayrischen Zollen. Ich habe mich an die Originalmittheilung der MERZ'schen Werkstätte (P.) gehalten.

Glases verminderte bezw. verhinderte, wie auch, dass Blei-, Wismuth- und Eisenoxyd einen ähnlichen Einfluss ausübten. Die Verwendung dieser Zuthaten war nun nicht so sehr das Neue, als es die Methode planmässiger Untersuchung war, die auch den kleinsten Nebenumständen, beispielsweise dem Vorhandensein kleiner und grosser Bläschen, und ihrem Einfluss auf die Oxydirung volle Beachtung schenkte.

Untersuchung der Zusammensetzung des Glases zur Aenderung der optischen Eigenschaften.

Eine bedeutend wichtigere Durchführung jener Idee war die systematische Untersuchung des Einflusses der chemischen Zusammensetzung des Glasflusses auf seine optischen Eigenschaften.

Auch hierin war J. FRAUNHOFER ganz unbestritten original, schon deswegen, weil die optischen Eigenschaften der verschiedenen Gläser vor ihm überhaupt nicht zahlenmässig angegeben werden konnten. Erst durch seine Verwerthung der dunkeln Linien im Spektrum wurde es möglich, Brechungsexponenten und Dispersion exakt in Zahlen auszudrücken und zu erweisen (*1.*), dass verschiedene Gläser einen disproportionalen Gang der Dispersion hatten. Für den Optiker lag die grosse praktische Wichtigkeit klar zu Tage, die gute Gläser mit proportionalem Gange der Dispersion haben mussten, und da sich verschiedene Flüssigkeiten als Substanzen herausstellten, welche mit einem Glase verbunden eine fast konstante Beziehung durch die verschiedenen Spektralbezirke aufwiesen, so bestand für J. FRAUNHOFER die Hoffnung, durch Variationen der Bestandtheile auch Gläser zu finden, welche den bisher verwandten in dieser Hinsicht überlegen wären. Welche Resultate seine Versuche zeitigten, ist aus den hier mitgetheilten Daten zu ersehen, welche die auf uns gekommenen Angaben verschiedener seiner Gläser in einer Form wiedergeben, die später üblich geworden ist.

Tabelle der FRAUNHOFER'schen Gläser.

Benennung.	Brechungsindex für D	Mittlere Dispersion C bis F	$\nu = \frac{n-1}{\Delta n}$	Partielle Dispersion.		
				B bis D	D bis F	F bis G
Crownglas No. 13 . . .	1.5280	0.00904	58.4	0.00367	0.00636	0.00557
				0.406	0.703	0.616
Crownglas No. 9. . . .	1.5296	0.00920	57.6	0.00376	0.00647	0.00561
				0.409	0.703	0.610
Crownglas Lit. M. . . (Wahrscheinlich kalireich.)	1.5591	0.01081	51.7	0.00480	0.00767	0.00679
				0.398	0.710	0.628
Flintglas No. 3	1.6085	0.01624	37.5	0.00645	0.01155	0.01073
				0.397	0.711	0.661
Flintglas No. 30. . . .	1.6306	0.01799	35.0	0.00702	0.01288	0.01194
				0.390	0.716	0.664
Flintglas No. 23*) . .	1.6337	0.01831	34.6	0.00709	0.01310	0.01208
				0.387	0.716	0.660
Flintglas No. 13. . . . (Wahrscheinlich Borosilikatflint.)	1.6350	0.01858	34.2	0.00729	0.01322	0.01203
				0.392	0.712	0.648

*) Die unter dieser Nummer angegebenen Werthe sind das arithmetische Mittel der beiden FRAUNHOFER'schen Reihen, die übrigens erst in der fünften

Für diese verheissungsvollen Versuche — zur Herstellung der neuen Gläser in grösseren Schmelzen war man, wie es scheint, noch nicht gekommen — war der 1826 erfolgte Tod J. Fraunhofer's verhängnissvoll: sie versanken in Vergessenheit. Weder J. Utzschneider noch G. Merz und F. J. Mahler waren zunächst im Stande, die Arbeiten ihres genialen Mitarbeiters weiterzuführen, nur der Zustand der Glastechnik, welcher von J. Fraunhofer für die Fabrikation im grossen ausgebildet war, konnte etwa erhalten bleiben.

P. L. Guinand's und J. Fraunhofer's Verdienste.

Bevor wir zur Weiterentwickelung der Schmelzkunst kommen, wird es angezeigt sein, einen Rückblick auf die Verdienste der beiden im Vorhergehenden erwähnten Männer zu werfen, der um so nöthiger erscheint, als die vorhandenen Darstellungen, wie die von A. Guinand und G. Bontemps einseitig für P. L. Guinand, oder wie die von J. Utzschneider für J. Fraunhofer Partei ergreifen. Hinzu kommt dann noch die leidige Meinung, die sich im Streite von Angehörigen verschiedener Nationalitäten so häufig findet, dass sich der als bester Patriot erweise, der vom Verdienste des fremdsprachigen Gegners möglichst viel in Frage stelle. Am weitesten geht darin wohl A. Guinand, der den Weltruf des optischen Instituts von J. Fraunhofer am liebsten den Arbeiten seines Vaters zuschreiben möchte. So menschlich das auch ist, so muss man sich doch auf das deutlichste dagegen erklären, dass die Ergebnisse des Zusammenwirkens mehrerer Männer einem Einzelnen unter ihnen ausschliesslich zuerkannt werden. Man wird P. L. Guinand wohl gerecht, wenn man ihm die sehr glückliche Idee des richtigen Rührinstruments zuschreibt, die Fortbildung aber des Verfahrens, so dass mit einiger Sicherheit auf das Gelingen der Schmelzen gerechnet werden konnte, scheint wesentlich durch J. Fraunhofer geschehen zu sein; wenigstens spricht A. Guinand diese Fertigkeit seinem Vater ab. Was aber die Aufstellung des Planes methodi-

---

Stelle Abweichungen zeigen, die nicht mehr als vier Einheiten der fünften Decimale (mittlere Dispersion C bis F) betragen.

Die Anordnung der Glasarten erfolgte nach dem Brechungsexponenten, was hier gleichbedeutend ist mit der nach den Werthen von

$$\nu = \frac{n_D - 1}{n_F - n_C}.$$

Am günstigsten hinsichtlich des proportionalen Ganges der Dispersion stehen Crownglas Lit. M und Flintglas No. 13. Der Grund dafür, dass J. Fraunhofer keine grösseren Versuche mit diesen Gläsern machte, liegt vermuthlich darin, dass sie nicht haltbar genug waren.

scher Glasverbesserung hinsichtlich des chemischen Verhaltens und des sekundären Spektrums angeht, so ist dieser selbst sowohl wie sein Realisirung, soweit sie überhaupt gelang, allein J. FRAUNHOFER zuzuschreiben.

Das Münchener Glas und die Bestrebungen von .. RUEDORFER, FR. KÖRNER, C. A. STEINHEIL, G. u. S. MERZ.

Kommen wir nunmehr auf die Weiterentwickelung der Glastechnik zu sprechen, so erlosch, wie schon erwähnt, die wissenschaftliche Behandlung zunächst mit J. FRAUNHOFER's Tode. In technischer Beziehung arbeitete das optische Institut weiter, lieferte aber nur Glas für eigenen Bedarf, beziehentlich für die Arbeiten der MERZ'schen Anstalt, und scheint auch gegenüber den ausländischen Erzeugnissen nicht im Rückstande geblieben zu sein. Wie sehr aber die Persönlichkeit J. UTZSCHNEIDER's von Bedeutung gewesen sein mag, kann man wohl aus dem von E. VOIT mitgetheilten Auftreten einer Konkurrenzanstalt noch im Todesjahre J. UTZSCHNEIDER's ersehen. Dieser war an den Folgen eines Unglücksfalles am 31. Jan. 1840 gestorben, und noch in demselben Jahre gründete der Münchener Bankier .. RUEDORFER in Kohlgrub bei Murnau eine optische Anstalt mit Glasofen, bei der die Schmelzen von einem früher bei J. FRAUNHOFER beschäftigten Arbeiter geleitet wurden. Diese Gründung konnte sich aber nicht lange halten, da ihr die wissenschaftlichen Kräfte mangelten, um die aus dem gewonnenen Glase herzustellenden Linsen zu berechnen. Das dort erzeugte optische Glas ist noch bis in die 50er Jahre hinein von dem Münchener Optiker . . BAADER verarbeitet worden.

Erwähnt seien hier noch die Versuche des Mechanikers FRIEDRICH KÖRNER in Jena, der in der Zeit zwischen 1826 und 1846 mit Unterstützung der Sachsen-Weimarischen Landesregierung Flintglas zu schmelzen versuchte. Der Erfolg seiner Bemühungen, die auf die Herstellung des gewöhnlichen Flintglases gerichtet waren, blieb indessen aus.

Auch C. A. STEINHEIL hatte, wie A. SAFARIK nach M. PERTY berichtet, sich die wichtige Aufgabe gestellt, Gläser mit proportionalem Gang in der Dispersion zu finden. Zu diesem Zwecke hatte er selbst die verschiedensten Sorten optischen Glases spektrometrisch untersucht und J. LIEBIG dafür interessirt, die chemische Analyse der Proben vorzunehmen. Er hoffte, dadurch rechnerisch die Zusammensetzung finden zu können, welche ein Glas mit einem innerhalb gewisser Grenzen vorgeschriebenen Gang der Dispersion lieferte. Ueber die Versuche selbst ist nichts bekannt geworden.

GEORG MERZ und, nach seinem im Jahre 1867 erfolgten Tode, sein Sohn SIGMUND setzten in gewisser Weise die Versuche J. FRAUN-

HOFER's fort, proportionalen Gang in der Dispersion zu erzielen. Die 1868 von S. MERZ angestellten Schmelzen hatten den Einfluss des Bleigehalts auf die optischen Eigenschaften des Glases dargelegt, und in dem von ihm 1882 erstatteten Bericht kam er zu dem Resultat, dass bei passender Mischung die Bleigläser selbst der Forderung parallelen Ganges der Dispersion genügen könnten.

Es ist das alles, was mir aus früherer Zeit hinsichtlich der Schmelzkunst in Deutschland bekannt geworden ist; es bezieht sich nahezu alles auf J. FRAUNHOFER selbst oder auf seine Nachfolger und Nacheiferer. Glashütten allein zur Herstellung des optischen Glases, die mit der Verarbeitung desselben garnichts zu thun hatten, scheinen in Deutschland garnicht aufgekommen zu sein.

Die französische Glastechnik von P. L. GUINAND und G. BONTEMPS.

Anders sind die Geschicke der Kunst von GUINAND-FRAUNHOFER im Auslande und zwar zunächst im französischen Sprachgebiet. Nach dem Tode von P. L. GUINAND blieb das Geheimniss in den Händen seiner beiden Söhne, deren einer — aller Wahrscheinlichkeit nach der ältere — der schon erwähnte AIMÉ GUINAND war. Beide trennten sich, und zwar besass der ältere eine Glashütte in der Nähe von Neuenburg, die später von seinem Nachfolger THÉODORE DAGUET in Solothurn weiter fortgeführt wurde.

Der jüngere Sohn verband sich mit C. BONTEMPS, einem der Direktoren der Glashütte *Choisy-le-Roy* und dem Pariser Optiker N. J. LEREBOURS, um in deren Gemeinschaft das Verfahren seines Vaters auszubeuten. Doch waren die Angaben, die er machte, ungenügend, und die Verbindung wurde wieder gelöst. Es wurde nunmehr nach SH. MUSPRATT's Angaben der technische Dirigent der Glashütte, . . THIBEAUDEAU, herangezogen, und jetzt erst gelang es den gemeinsamen Bemühungen, endlich im Jahre 1828 fehlerfreie Glasscheiben von 32.5 bis 38 cm (12—14 P. Z.) Durchmesser herzustellen. Seit diesem Jahre kann man nach G. BONTEMPS von einer regelmässigen Glasfabrikation in Frankreich sprechen. Dieselbe wurde aufgenommen einmal von G. BONTEMPS und dann von dem jüngeren Sohne P. L. GUINAND's, der nach seinem 1851 erfolgten Tode zunächst seinen Schwiegersohn und dann seinen Enkel ED. FEIL als Nachfolger hatte. Das GUINAND'sche Verfahren war 1840 fast gleichzeitig von G. BONTEMPS und von dem jüngeren . . GUINAND veröffentlicht worden. Auf letzteren bezieht sich jedenfalls die von CH. FABRE (*3.*) 1892 gebrachte Nachricht: . . GUINAND habe 1842 Borsäure in die Glasmasse eingeführt. Die so erhaltenen Glasflüsse seien aber nicht beständig gewesen.

G. BONTEMPS' Uebersiedelung nach England.

G. BONTEMPS sah sich später, 1848, politischer Verhältnisse wegen gezwungen, seine Stellung in *Choisy-le-Roy* aufzugeben und einer Aufforderung der Firma CHANCE BROTHERS nach Birmingham zu folgen.

Diese Uebersiedelung brachte nun die Kunst der Glastechnik auch nach England, und die erwähnte Firma erhielt in optischem Glase einen grossen Ruf; thatsächlich war das Wachsthum der GUINAND-FRAUNHOFER'schen Kunst in technischer Hinsicht auf fremden Boden ein sehr günstiges, und man kann wohl sagen, dass photographische Objektive bis in die neuere Zeit hinein ausschliesslich aus französischem oder englischem Material angefertigt wurden.

M. FARADAY's Bestrebungen.

Die grossen Erfolge, welche seiner Zeit in Benediktbeuren nach der glastechnischen Seite hin erzielt und durch die genialen Leistungen J. FRAUNHOFER's in der Fernrohroptik zur Kenntniss eines sehr weit ausgedehnten Kreises gekommen waren, hatten allgemeines Aufsehen erregt. Dasselbe war um so natürlicher, als die Herstellung des Glasmaterials, vornehmlich die des Flintglases, als Geschäftsgeheimniss angesehen wurde. Die astronomische Gesellschaft in London erwählte 1824 eine Kommission zu dem Zwecke, Untersuchungen über die Herstellung von Flintglas vornehmen zu lassen. Diese Kommission, der die Mitglieder J. F. W. HERSCHEL, M. FARADAY, G. DOLLOND und P. M. ROGET angehörten, konnte bald ermitteln, dass die nothwendigen Verbesserungen nicht so sehr chemischer als vielmehr mechanischer Natur wären, und dass im besonderen die Abwesenheit von Schlieren herbeigeführt werden könne durch eine fortwährend unterhaltene Bewegung des Glasflusses. Doch auf diese bloss theoretische Erkenntniss beschränkte sich M. FARADAY, der der leitende Geist dieser Kommission war, nicht, sondern er beschäftigte sich in seinem eigenen Laboratorium und in der PELLAT'schen Glashütte noch weiter mit dieser Frage. Durch Aenderungen in der chemischen Zusammensetzung kam er zu einem leicht schmelzbaren Glase, welches daher gestattete, auf bequeme Weise die Bewegungsoperationen vorzunehmen. Erkaltet war es von bemerkenswerther Reinheit und hat später unter dem Namen *Faraday's heavy glass* Verwendung für Untersuchungen im Zusammenhang mit der Polarisation des Lichts durch magnetische Wirkung gefunden. Seine Zusammensetzung war nach SH. MUSPRATT:

Protoxide of lead	104 Theile,
Silicate of lead	24 Theile,
Dry boracic acid	25 Theile.

Das Zink-Crown von .. Maës.

Der nächste Fortschritt, der unabhängig von der Schule Guinand-Fraunhofer gemacht wird, geschah in Frankreich von dem Glastechniker .. Maës in Clichy durch die Herstellung von Zinkcrown. Der Zeitpunkt der Erfindung ist nicht mit Sicherheit festzustellen; zuerst scheint es gelegentlich der grossen Londoner Ausstellung von 1851 aufzutreten, wo es mit der Verleihung einer *Council medal* ausgezeichnet wird. Es enthielt Zinkoxyd und einen gewissen Procentsatz Borax d. h. Borsäure und war sehr farblos und homogen in der Masse. Aus Ch. Chevalier's Mittheilungen S. 97 wissen wir, dass dieses Material zu seinen photographischen Objektiven verwandt wurde. Auf der Ausstellung war mehr Gewicht auf die Verwendbarkeit des neuen Materials zu Fernrohrobjektiven gelegt worden, und es waren auch zwei farblose und schlierenfreie Platten von 11.4 und 17.8 cm ($4^1/_2$ und 7 in.) Durchmesser ausgestellt.

Interessant ist der von Sh. Muspratt wiedergegebene Theil des Berichts der *Council Jury on optical glasses*. Es wird in demselben auf die grosse Bedeutung hingewiesen, die der Maës'sche Versuch für die Aufhebung des sekundären Spektrums besonders dann habe, wenn man das Zinkcrown an die Stelle des Flint treten lasse, während als Crownglas ein in grösseren Stücken allerdings erst noch zu schmelzendes Glas, *in which fluorine enters as a distinguishing ingredient, in combination with silica, alumina or other materials*, zu verwenden wäre. In kleinen Mengen seien solche Gläser farblos und homogen bereits geschmolzen worden. Weiteres aber hat man nach diesem Berichte darüber nicht mehr gehört, und es scheint nicht, dass dieser Ansatz, Objektive mit vermindertem sekundären Spektrum zu erzielen, irgendwo weiter verfolgt worden ist.

Thallium-Flint von .. Lamy.

Nach dem Maës'schen Versuch, der in grösserem Umfange fortgesetzt zu sein scheint — noch 1856 wird die regelmässige Herstellung dieses Glases erwähnt — ist mir nur noch ein neues Glas französischer Herkunft bekannt geworden, welches der Anonymus 2 im Jahre 1867 erwähnte. Dasselbe war von dem Pariser Glastechniker .. Lamy geschmolzen; es war ein schweres Thallium-Flintglas vom specifischen Gewichte 4.18 und einem Brechungsexponenten $n_D = 1.673$ ($n_B = 1.661$; $n_H = 1.710$) und hatte eine gelbliche Farbe. Ob dasselbe je in Gebrauch gekommen ist, vermag ich nicht anzugeben.

Wir sehen also, dass in der Zeit, wo im Auslande die fabrikatorische Herstellung optischen Glases blühte, das Verständniss für die Bedeutung neuer Gläser nicht verloren gegangen ist. In

Frankreich kamen solche auch zum Vorschein, doch scheint es nicht, als habe man die Anstellung von Versuchen planmässig betrieben.

WILLIAM VERNON HARCOURT'S Versuche.

Nicht sehr lange nach dem Tode J. FRAUNHOFER's, nämlich schon im Jahre 1834, begann ein englischer Geistlicher, WILLIAM VENABLES VERNON HARCOURT [* Juni 1789, † April 1871], Versuche mit Glasschmelzen anzustellen. Derselben waren zunächst nur wenige, da sich im Anfange Schwierigkeiten fühlbar machten. Einen neuen Anstoss erhielt er durch die Bekanntschaft mit GEORGE GABRIEL STOKES, die er im Jahre 1862 in Cambridge gelegentlich der Tagung der British Association machte. Dieser Forscher hatte auf dem Gebiete der Fluorescenz gearbeitet und brachte, da er diese Erscheinung an den verschiedensten Körpern untersucht hatte, den Bestrebungen W. V. HARCOURT's ein grosses Interesse entgegen. Untersuchungen der Fluorescenz, an die auch gedacht zu sein scheint, traten bald vor der grösseren Wichtigkeit zurück, die die Untersuchung des Spektrums dieser Gläser bot. Nunmehr wurden ganz systematisch Versuche angestellt, und in 166 verschiedenen Schmelzen eine Reihe der verschiedensten Bestandtheile erprobt, um ihren Einfluss auf die partiellen Dispersionen im Spektrum kennen zu lernen. Allerdings war die Bestimmung dieses Einflusses um so schwieriger, als es W. V. HARCOURT nicht gelungen war, die in kleinen Massen hergestellten Versuchsschmelzen homogen zu erhalten, die in den Prismen vorhandenen Schlieren aber die exakte Messung unmöglich machten. Auf Grund der planmässig durchgeführten Versuche sahen sich W. V. HARCOURT und G. G. STOKES aber doch in der Lage, gewisse Regeln auszusprechen, wie die, dass Titansäure das blaue Ende des Spektrums, Borsäure dagegen das rothe Ende besonders ausdehne. Der Hauptzweck ihrer Versuche war der alte J. FRAUNHOFER's, Gläser zu schmelzen, welche die Aufhebung des sekundären Spektrums gestatteten. Diesem Ziele glaubten sie sich auch nahe gekommen und stellten nach A. SAFARIK zwei Scheiben aus Titanglas und zwei aus Terborat her vom Durchmesser 7.6 cm (3 in.), die zur Herstellung eines von sekundärem Spektrum freien Objektives dienen sollten. Bei der Ausführung musste die eine Titanglasscheibe verworfen und durch eine aus gewöhnlichem Crownglas ersetzt werden. Das fertige Objektiv war nicht tadellos, zeigte aber die Möglichkeit der Fortschaffung des sekundären Spektrums.

Der im April 1871 erfolgte Tod W. V. HARCOURT's scheint diesen Bestrebungen ein Ende gemacht zu haben.

Die durch G. G. STOKES veröffentlichten Resultate erfuhren eine Besprechung durch S. CZAPSKI (*1.*), die im folgenden benutzt ist. Danach war von den englischen Forschern die specifische Wirkung der Borsäure richtig erkannt worden, während ihre Angabe hinsichtlich der Titansäure auf einem Irrthume beruhte. Der Schwierigkeiten wegen, die sich bei der Schmelzung von Silikatgläsern den Hilfsmitteln W. V. HARCOURT's entgegen stellten, war er dazu übergegangen, Phosphorsäure als Grundlage aller Schmelzen zu wählen, deren Wirkungen dann als die der Titansäure angesehen wurden.

Versuche von J. HOPKINSON, H. SCHROEDER, A. SAFARIK.

Die HARCOURT'schen Arbeiten wurden in England in grösserem Maassstabe nicht aufgenommen; ein von J. HOPKINSON in der CHANCE'schen Glashütte gemachter Versuch eines Silikat-Titanglases gab keinen Erfolg, da, wie eben bemerkt, der Titansäure die specifische Wirkung nicht zukommt, die ihr zugeschrieben wurde.

Dass die erwähnte englische Glasfabrik oder die französisch-schweizerischen Glashütten die Arbeiten nicht aufnahmen, trotzdem die Resultate von G. G. STOKES doch veröffentlicht waren, lag jedenfalls, wie E. ABBE (*1. 417.*) ausgeführt hat, daran, dass einmal das bei solchen Versuchen zu übernehmende Risiko sehr gross, andrerseits die Herstellung optischen Glases schon nahezu monopolisirt war, also ein zwingender Grund zu solchen schwer erreichbaren Fortschritten nicht vorlag.

Die Nothwendigkeit ganz neuer Gläser, bei denen es aber nicht auf proportionalen Gang des sekundären Spektrums, sondern auf ein anderes Verhältniss zwischen Brechungsexponenten und mittlerer Dispersion ankam, war hinsichtlich des photographischen Objektivs 1856 von L. SEIDEL, 1857 von J. PETZVAL betont worden; doch scheint auf diese Bemerkungen niemand weiter aufmerksam geworden zu sein. 1878 hob E. ABBE (*1. 417.*) die Bedeutung von Neuerungen für die Mikroskopkonstruktionen hervor, bei denen weitere Fortschritte sich bei Verwendung alten Materials als unmöglich herausgestellt hatten. Diese Bedürfnisse, wie die von Alters her bekannten der Fernrohroptik traten in den Vordergrund und lenkten von neuem das Interesse weiterer Kreise auf diese Frage. Später wurden dann noch die zum Theil früher unternommenen Versuche von H. SCHROEDER (*8.*) und A. SAFARIK bekannt.

Ersterer hatte in Verbindung mit TH. DAGUET in Solothurn begonnen, Magnesium-Crownglas herzustellen; dieser Versuch hat nach H. SCHROEDER (*4. 208.*) vor 1870 stattgefunden.

A. SAFARIK hat in ganz bewusster Weise an der Herstellung von Gläsern mit proportionalem Dispersionsgange gearbeitet, hauptsächlich auf dem im Jury-Bericht von 1851 angedeuteten Wege, um neue Gläser zu finden, die als Crowngläser mit den an die Stelle der Flinte zu bringenden bekannten Crowngläsern zu verbinden seien. Die Versuche lieferten kein Resultat, weil dem Gelingen von Silikatschmelzen im Laboratorium sich unüberwindliche Schwierigkeiten entgegenstellen.

Vorarbeiten von E. ABBE und O. SCHOTT.

Ein Umschwung trat erst ein, als sich — wie es S. CZAPSKI (*1.*) darstellt — OTTO SCHOTT, ein mit der Glasfabrikation im allmeinen durch Studium und Familientradition vertrauter technischer Chemiker mit E. ABBE betreffs der von diesem seiner Zeit gegebenen Darstellungen der Nothwendigkeit neuer Gläser in Verbindung setzte. Auf Grund eines zwischen E. ABBE (*2.*) und O. SCHOTT verabredeten Planes begann man nach dem von Beiden erstatteten, hier mehrfach benutzten Berichte im Januar 1881 damit, „möglichst alle chemischen Elemente, welche in irgend einer „Form in amorphe Schmelzverbindungen eintreten können, hin„sichtlich ihres Einflusses auf Brechungsvermögen und Dispersion „dieser Verbindungen genau zu studiren". Es wurde dabei in der Weise vorgegangen, dass O. SCHOTT in Witten i. W. diese Verbindungen in ganz kleinen Schmelzen (20 bis 60 g Masse) herstellte, während die spektrometrische Untersuchung in Jena durch E. ABBE bez. durch P. RIEDEL geschah. Im Lauf des ersten Jahres hatten sich nun gewisse Erfahrungsthatsachen hinsichtlich der specifischen Wirkung verschiedener Bestandtheile ergeben, und man konnte es nun unternehmen, „auf die gewonnenen chemisch-optischen Grund„lagen hin planmässig Glasflüsse zu combiniren, welche in den „optischen Eigenschaften den verschiedenen Desideraten der Optik „thunlichst genügen und dabei nach ihrer sonstigen physikalischen „Beschaffenheit — Härte, Unveränderlichkeit, Farblosigkeit — eine „regelrechte Verwendung in der Praxis zulassen möchten". O. SCHOTT siedelte zu diesem Zwecke im Frühjahr 1882 nach Jena über, wo nunmehr die Versuche in etwas grösserem Maassstabe (Schmelzen von etwa 10 kg Masse) angestellt wurden. Leitende Gesichtspunkte waren dabei folgende:

Aufgabenstellung.

Erstens war eine schon von J. FRAUNHOFER aufgestellte und von seinen Nachfolgern übernommene Aufgabe, einen proportionalen Gang der Dispersion in den beiden zur Achromatisirung nöthigen Glasarten herbeizuführen, um dadurch das sekundäre Spektrum zu vermindern oder aufzuheben.

Zweitens war es eine Aufgabe von nicht minderer Wichtigkeit, überhaupt eine grössere Mannigfaltigkeit in der Abstufung der beiden hauptsächlichsten Konstanten, des Brechungsexponenten und der mittleren Dispersion, herbeizuführen. Bei den alten Gläsern hatten dieselben, von ganz geringen Abweichungen abgesehen, in einer gewissen Abhängigkeit von einander gestanden, so zwar, dass, wenn man den Brechungsexponenten zunehmen liess, auch die mittlere Dispersion entsprechend wuchs. Bezog man die Daten für Brechung und Zerstreuung auf ein rechtwinkeliges Koordinatensystem, in dem die Brechungsindices als Abscissen, die mittleren Dispersionen als Ordinaten aufgetragen werden, so lagen bei den alten Gläsern die Punkte, welche die verschiedenen Glasarten repräsentirten, vom leichtesten Crown bis zum schwersten Flint aufsteigend, ziemlich genau in einer gegen die Abscissenaxe geneigten, für wachsende Abscissen ansteigenden Geraden, wie das S. CZAPSKI (*1.*) in einem Diagramm gezeigt hat. Die hier gestellte Aufgabe war nun, anders ausgedrückt, die Glasarten zu finden, deren repräsentirende Punkte in einen der beiden rechts oder links von der Geraden befindlichen Räume hineinfielen.

Da die Lösung dieser Aufgabe gelang, so war hiermit der SEIDEL'schen Forderung genügt, und durch die Unternehmung von E. ABBE und O. SCHOTT die von der Theorie geforderten Crowngläser stärkerer Brechung der photographischen Optik zur Verfügung gestellt.

Gründung des glastechnischen Laboratoriums SCHOTT & GEN. zu Jena.

Das zweite Stadium der Arbeit, welches im Frühjahr 1882 seinen Anfang genommen hatte, führte zur Gründung einer eigenen Glashütte zur fabrikationsmässigen Herstellung optischen Glases durch O. SCHOTT, E. ABBE, C. und R. ZEISS unter der Firma „Glastechnisches Laboratorium SCHOTT & GEN. Jena“ im Jahre 1886. Die Erbauung der Glashütte war schon im Herbst 1884 vollendet, wobei eine namhafte Subvention seitens des preussischen Staates die Durchführung der ersten sehr kostspieligen Versuche in fabrikatorischem Maassstabe ermöglicht hatte.

Versuche von EDOUARD MANTOIS.

In neuester Zeit hat das Beispiel, welches in Jena gegeben wurde, auch in Paris gewirkt, und zwar hat dort ED. MANTOIS, der Nachfolger von ED. FEIL, wie es scheint um 1893/94, die Fabrikation der Jenaer Gläser aufgenommen. Nach CH. FABRE (*3.*) und E. WALLON (*4.*) scheint es, als habe man gegen 1880 in der FEIL-schen Glashütte Versuche mit neuen Glasarten gemacht; doch sind nähere Angaben über die damals erzielten Ergebnisse an den angegebenen Orten nicht gemacht worden.

Die für die photographische Optik werthvollen Eigenschaften der Jenaer Gläser.

Gehen wir nun nach diesem historischen Exkurs dazu über, die Gläser zu betrachten, welche der photographischen Optik vor und nach der Eröffnung des Jenaer Glaswerks zur Verfügung standen, so liefert die nachfolgende Tabelle der alten und neuen Gläser, welche nach der von S. CZAPSKI (*1.*) angewandten Methode hier ihre graphische Darstellung gefunden hat, uns eine brauchbare Uebersicht. Dabei ist zu bemerken, dass unter den Jenaer Gläsern überall die wichtigen Typen auch durch solche Repräsentanten vertreten sind, welche im Jahre 1888 publicirt waren.

Tabelle der für photographische Objektive wichtigen Glasarten alter und neuer Herstellung.

No. der Schmelze	Benennung.	$\bar{\nu}$	n_D	$n_{G'} - n_D$
O. 20	Silikat-Crown mit niedrigem Brechungsexponenten	46.9	1.5019	0.01070
O. 114	Soft-Crown	44.3	1.5151	0.01163
O. 60	Hard-Crown	47.4	1.5179	0.01092
O. 15	Zink-Silikat-Crown	45.6	1.5308	0.01164
O. 726	Extra leichtes Flint	36.5	1.5398	0.01479
O. 376	Gewöhnliches Leicht-Flint	32.8	1.5660	0.01726
O. 569	Light-Flint	31.6	1.5738	0.01818
O. 103	Dense-Flint	27.4	1.6202	0.02261
O. 102	Extra dense Flint	25.4	1.6489	0.02552
Lit. M.	wahrscheinlich kalireiches Crown	40.2	1.5591	0.01390[1]
O. 381	Crown mit hoher Dispersion	39.8	1.5262	0.01323
O. 1231[2]	Crown mit hoher Dispersion	38.5	1.5289	0.01374
O. 578	Baryt-Leichtflint	35.8	1.5825	0.01630
O. 748[3]	Barytflint	29.6	1.6235	0.02107
O. 211	Schweres Barium-Silikat-Crown	45.1	1.5726	0.01270
O. 202	Schwerstes Barium-Silikat-Crown	43.2	1.6040	0.01397
O. 1209[3]	Schwerstes Barium-Crown	44.8	1.6112	0.01363

[1]) Graphisch interpolirt, G gemessen.
[2]) Nicht im Katalog von SCHOTT & GEN. aufgeführt.
[3]) Erst im Nachtrag von 1892 aufgeführt.

Wir ersehen aus dieser Zusammenstellung deutlich, dass bei den alten Gläsern insoweit eine eindeutige Abhängigkeit der Dispersion von der Brechung bestand, als im allgemeinen beide gleichzeitig wuchsen. Die in der Tafel gut zum Ausdruck kommende Ausnahme von dieser Regel — Hard- und Soft-Crown — ist durch ihre Verwerthung (S. 274) seitens FR. VOIGTLÄNDER's merkwürdig; man hätte daraus einen Schluss auf die Bedeutung ziehen können,

welche eine weitergehende Auswahlmöglichkeit für die Konstruktion der photographischen Objektive haben würde.

Jedenfalls genügte früher eine Charakteristik der Gläser allein nach dem Brechungsexponenten. Wenn man die Crowngläser bis etwa zum Werthe von $n_D = 1.53$ rechnete, so hiess das zugleich, dass die Dispersion von D bis G′ nicht *über* etwa 0.012

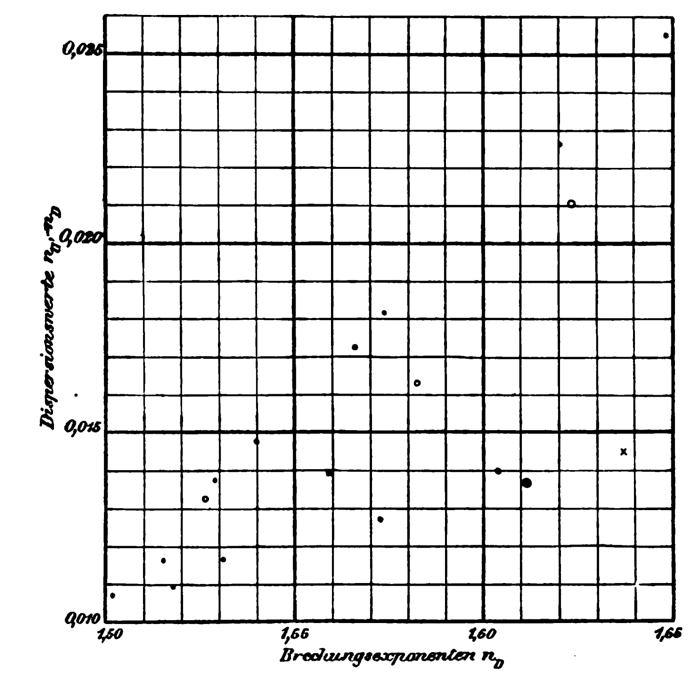


Fig. 121.

Graphische Darstellung der Brechungs- und Dispersionsverhältnisse photographisch wichtiger Gläser alter und neuer Herstellung.

• = alte Gläser.
⊏ = FRAUNHOFER-Glas Lit. M.
○ = wesentlich neue Jenaer Gläser.
× = P. RUDOLPH's hypothetisches Glas (s. weiter unten).

steigen durfte, bei den Flintgläsern waren die entsprechenden Werthe der *unteren* Grenze etwa 1.54 und 0.015. Das FRAUNHOFER'sche Crownglas Lit. M. war wohl von dem Schema der alten Gläser stärker abgewichen, aber selbst die gründlichsten Theoretiker der photographischen Optik haben keine Andeutung hinterlassen, dass sie dieses Glas in den Kreis ihrer Rechnungen hineinzogen.

Die Lage wurde 1886 mit einem Schlage anders, und bis

zum Jahre 1888 wurden drei wichtige Gruppen zur Verfügung der Optiker gestellt, die *Crowngläser mit hoher Dispersion,* die *Barytflinte* und die *schweren Barytcrowngläser.* Die ersteren setzten die Reihe der Flinte fort bis zu Brechungswerthen, die man früher nur bei Crowngläsern gefunden hatte; die zweiten wiesen, was für ihre Einführung in die Aplanatkonstruktionen entscheidend war, den alten Flintgläsern gegenüber verminderte Dispersion auf, und waren dabei infolge ihrer geringeren Färbung von allgemeinerer Verwendbarkeit; die dritten aber verbanden mit dem Brechungsexponenten schwerer Flintgläser eine Dispersion, welche die der leichtesten Flinte der alten Reihe noch nicht einmal erreichte.

Die Eintheilung in die beiden Gruppen nach dem Brechungsexponenten allein war damit hinfällig geworden, der Werth von n_D definirt ein Glas nun nicht mehr, denn die Dispersion kann dann immer noch in weiten Grenzen schwanken. Bei dieser gänzlich veränderten Sachlage wird man gut thun, als unterscheidendes Merkmal lieber die für die Achromatisirung bestimmende *relative* Dispersion oder deren reciproken Werth $\bar{\nu} = \frac{n_D - 1}{n_{G'} - n_D}$ festzuhalten, und sich gegenwärtig zu halten, dass bei Crowngläsern zu einem $\bar{\nu}$ sehr verschiedene Brechungsexponentenwerthe gehören können. Der leichteren Uebersicht halber werden hier bei den Darstellungen der neueren Konstruktionstypen photographischer Objektive die schweren (Barium-) Crowngläser durch eine abweichende Schraffirung kenntlich gemacht werden.

Das von L. Seidel und J. Petzval gewünschte Crownglas mit höherem Brechungsexponenten ward also seit 1886 den Optikern käuflich angeboten; die Frage war nun die, wer dieses werthvolle Material für das photographische Objektiv voll ausnützen würde?

b. Die ersten Anwendungen der neuen Glasarten in der photographischen Optik.

So lagen die Verhältnisse, als E. Abbe in der Mitte der 80er Jahre damit begann, auch jüngere Kräfte in der angewandten Optik zu beschäftigen. Dabei war zunächst wohl noch nicht daran gedacht, gerade das Gebiet des photographischen Objektivs in Angriff zu nehmen, obgleich im allgemeinen die Absicht bestand, die bisher auf die Mikroskopoptik beschränkte Fabrikation allmählich auch auf andere Gattungen optischer Instrumente auszudehnen und dabei nach Möglichkeit die Vortheile wahrzunehmen, die die

neuen Glasarten boten. Da sonach die Bestrebungen der wissenschaftlichen Leitung der ZEISS'schen Werkstätte auf dem Gebiete der photographischen Optik in eine spätere Zeit fallen — nach Herausgabe des Glaskatalogs von O. SCHOTT & GEN. — so hat man in Jena für die Behandlung dieser Aufgabe keinen weiteren Vorsprung gehabt, als den allerdings höchst bedeutsamen, der aus der überlegenen Begabung der leitenden Kräfte erwuchs.

Wir werden im Folgenden zu schildern haben, wie von einer ganzen Reihe rechnender Optiker die Einführung der Jenaer Gläser in das photographische Objektiv in Angriff genommen wurde, ohne dass aber — zunächst wenigstens — ein greifbarer Erfolg erzielt wurde.

Die verschiedenen Bestrebungen richten sich entweder einseitig auf die Korrektion des Astigmatismus, oder sie bezwecken nichts als eine Verbesserung der älteren Objektivtypen. Dabei lässt sich dieser Abschnitt nicht gänzlich schematisch durchführen, da die Thätigkeit mancher Männer über seine Grenzen hinausreicht. Dieselben wurden da eingereiht, wo die wichtigsten ihrer Arbeiten ihren Platz zu erfordern schienen.

MORITZ MITTENZWEI.*) † etwa 1889.

Ohne Optiker von Fach zu sein, hatte dieser Mann neben seinem Hauptberufe als Besitzer und Leiter einer chemischen Fabrik in Pölbitz in Sachsen Musse gefunden, sich mit den Aufgaben der rechnenden Optik zu beschäftigen. Zunächst berechnete er Fernrohrobjektive, ging indessen schon im Anfang der 80er Jahre zu photographischen Objektiven über und nahm für zwei neue Konstruktionsformen im Jahr 1883 ein Patent. Dasselbe ging an den Zeitgenossen vorüber, ohne irgend einen Eindruck zu machen. Einzig und allein in der photographischen Korrespondenz**) habe ich eine Notiz darüber auffinden können. Nach Mittheilung des Patentinhalts folgt die Bemerkung: „bezüglich der nunmehr patentirten „Erfindung haben wir vernommen, dass selbe in einer hervor„ragenden optisch-mechanischen Werkstätte als nicht praktisch „durchführbar angesehen wird.“ Es ist mir nicht bekannt geworden, auf wen diese Aussage sich bezieht.

D.R.P. 27081.

Der Gegenstand des Patents sind verkittete Linsensysteme, bei denen drei Einzelbestandtheile verwandt werden. Die beiden

*) Nach D.R.P. 27081 MITTENZWEY.
) Ph. C. 1884. **21. Nr. 283. 232—234.

äusseren sind aus derselben oder nahe derselben Glasart hergestellt während der mittlere der chromatischen Korrektion wegen aus einem anderen Glase besteht. Dabei ist es in dem Anspruch als typisch hervorgehoben, dass die der Blende nächststehende Einzellinse stets sammelnd, die der Mattscheibe zugekehrte zerstreuend wirke.

Man sieht sofort, dass hier zwei Fälle möglich waren, je nachdem als Material der Aussenbestandtheile Crown oder Flintglas gewählt wurde. Beide Möglichkeiten sind auch von M. MITTENZWEI in den Kreis der Betrachtung gezogen worden, und zwar je für ein Portraitobjektiv, während der erste Typus auch für ein Gruppenobjektiv Verwendung fand.

Diskussion der in dem Patent aufgeführten Konstruktionsformen.

Gehen wir zur Besprechung der Konstruktion im einzelnen über, so war es eine sehr erhebliche Erschwerniss, dass M. MITTENZWEI so lichtstarke Systeme nach dem Typus der Einzellinse mit Vorderblende herzustellen unternahm. Die Folge davon sind sehr beträchtliche Incidenzwinkel an den verschiedenen Flächen und im Zusammenhange damit ganz ausserordentlich starke

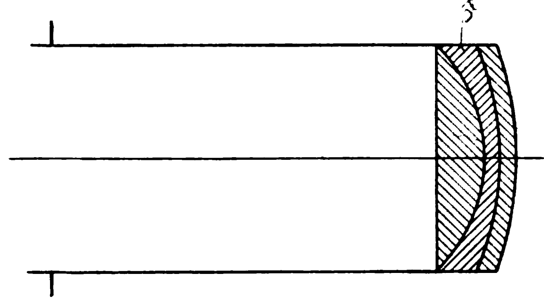


Fig. 122, s. Taf. I.

M. MITTENZWEI: Portraitobjektiv No. 1.
Quelle: M. MITTENZWEI. *1.*

Reducirt auf $f_D = 100$ mm.
Durchgerechnet für 1 : 3.4 und $\omega = 15^0$.
Radien r_ν, Dicken d_ν und Entfernung b_1 in Millimetern auf der Axe gemessen.

b_1[1]) = 50.9

$r_1 = \infty$

$d_1 = 6.0$

$r_2 = 21.9$

$d_2 = 2.3$

$r_3 = 38.3$

$d_3 = 2.3$

$r_4 = 43.7$

Glasarten n_D.

$L_1 = L_3 = 1.520$
$L_2 = 1.625$

[1]) Durch Messung an der Figur erhalten.

sphärische Zonen, welche allerdings wohl die praktischen Leistungen des Objektivs sehr herabgedrückt haben mögen. Die lichtstarken Formen haben beide einen sehr beträchtlichen Blendenabstand. Vergessen darf auch nicht werden, dass wegen der chromatischen Differenz der sphärischen Aberrationen die sphärischen Aberrationen für gelbes Licht in merklichem Maasse den Charakter der Unterkorrektion zeigen müssen, wenn das Objektiv für violett einigermassen korrigirt sein sollte. Bei dem Gruppenobjektiv, wo ich sowohl

die gelben als die violetten Strahlen durch das System verfolgt habe, konnte ich das direkt konstatiren.

Der erste Typus, Flintmeniskus zwischen zwei Crownmenisken, zeigt die Grösse der Zonen sehr deutlich. Die sphärische Korrektion im engeren Sinne ist für die Oeffnung 1 : 3.34 noch nicht erreicht. Die durch die Zonen hereingebrachte sphärische Längsabweichung hat einen Maximalbetrag von etwa — 2.2 mm. Die Erfüllung der Sinusbedingung ist herbeigeführt, es wurde indessen schon für eine nicht unwesentlich geringere Oeffnung, nämlich für etwa 1 : 3.7, der Werth der Axenbrennweite wieder erreicht. Der Korrektionszustand der schiefen Büschel zeigt eine grosse Aehnlichkeit mit dem beim PETZVAL'schen Portraitobjektiv.

Was Typus II angeht, so sind die sphärischen Zonen noch grösser und auch der Unterschied der Oeffnungen beträchtlicher, für welche sphärische

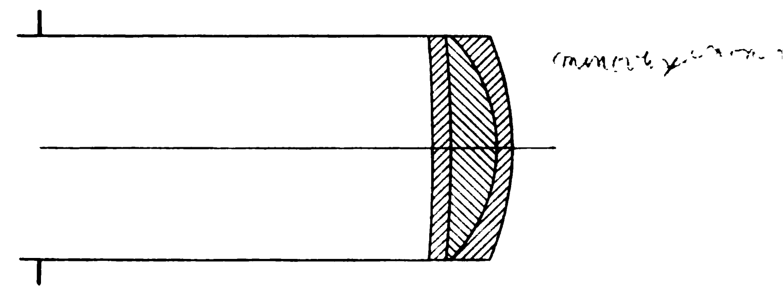


Fig. 123, s. Taf. I.

M. MITTENZWEI: Portraitobjektiv No. 2.
Quelle: M. MITTENZWEI. *1.*

Reducirt auf $f_D = 100$ mm.
Durchgerechnet für 1 : 3.3 und $\omega = 15^\circ$.
Radien r_ν, Dicken d_ν und Entfernung b_1 in Millimetern auf der Axe gemessen.

b_1[1]) = 50.9 $\quad d_2 = 6.3$
$r_1 = 287.1 \quad r_3 = 21.3$
$d_1 = 2.3 \quad d_3 = 2.3$
$r_2 = 172.5 \quad r_4 = 38.5$

Glasarten n_D.
$L_1 = L_3 = 1.625$
$L_2 = 1.520$

[1]) Durch Messung an der Figur erhalten.

Korrektion einerseits und die Erfüllung der Sinusbedingung andrerseits herbeigeführt sein würde. Dagegen ist der Korrektionszustand der schiefen Büschel, sowohl was Verringerung des Astigmatismus als auch Herbeiführung der Bildebenung im übertragenen Sinne angeht, etwas besser als im vorigen Falle.

Hinsichtlich des Gruppenobjektivs mit der Oeffnung 1 : 6.0 ist nichts besonderes zu bemerken. Sphärisch ähnelt der Korrektionszustand sehr dem des Portraitobjektivs vom Typus I, doch treten hier allerdings noch grössere Zonen auf. Auch hinsichtlich der schiefen Büschel ist Aehnlichkeit vorhanden. Annähernd geebnet ist nur das Bild der Sagittalstrahlen; die meridionalen Büschel haben sämmtlich eine längere Einstellungsweite.

Auf die Bedeutung dieser Linsenkonstruktion für die Korrektion des Astigmatismus werden wir später gelegentlich der aus dem astigmatischen Princip entwickelbaren Einzellinsen noch eingehender zu sprechen kommen.

Das Vorgehen M. MITTENZWEI's, welches wir aus den Resultaten der Durchrechnung seiner patentirten Typen erkennen, ist nun nicht ohne Interesse. Seine Idee, die Reflexionswirkungen durch Anwendung der Minimalzahl reflektirender Flächen möglichst unschädlich zu machen, ist ohne Zweifel eine gesunde. Indessen stehen seine Konstruktionen, was die Grösse der sphärischen Zonen angeht, dem Typus des PETZVAL'schen Portraitobjektives bei weitem nach,*) und auch die Korrektion schiefer Büschel ist bei unserem Autor mindestens nicht viel vollkommener. Ohne ungerecht zu werden, darf man aber bei der Beurtheilung nicht vergessen, dass der gewählte einfache Typus ihm sehr viel weniger Elemente zur Verfügung stellte, als solche bei der PETZVAL'schen Form vorhanden sind. Es scheint nicht, als habe sich eine der beiden Typen als Portrait- oder als Gruppenobjektiv eingeführt.

Die Herausgabe des Jenaer Glaskatalogs veranlasste M. MITTENZWEI zu weiterer Beschäftigung mit der Konstruktion photographischer Objektive, über welches Thema er (*2.*) 1887**) eine längere Arbeit verfasste.

Ueber einige Konstruktionsanforderungen und neue photographische Objektive.

Hierin beschäftigte er sich nun ganz eingehend mit dem Astigmatismus, für dessen experimentelle Untersuchung er ein einfaches, später allgemein acceptirtes Testobjekt in Vorschlag brachte, und hob den Zusammenhang zwischen der Strahlenvereinigung im Meridionalschnitt und der Erfüllung der Sinusbedingung hervor.

Die von ihm unter Verwendung der neuen Glasarten vorgeschlagenen Typen enthielten zum Theil Gläser mit sehr grossen Unterschieden im Brechungsexponenten; so stellte er eine einfache, aus niedrigem Crown und schwerem Flint verkittete Einzellinse mit einem Oeffnungsverhältniss von 1 : 3.25 her. Im Gegensatz dazu berechnete er eine einfache Landschaftslinse und ein Periskop mit einer zum Zwecke der Achromatisirung verkitteten Hinterhälfte, und wählte die Glasarten so, dass die Brechungsexponenten etwa gleich, die Dispersionen aber verschieden waren. Nach seinen Angaben muss es sich um die folgenden Gläser gehandelt haben:

Schweres Barium-Silicat-Crown $n_D = 1.5726$; $\bar{\nu} = 45.1$
Leichtes Silicat-Flint $n_D = 1.5710$; $\bar{\nu} = 32.9$.

*) Doch wird man dabei zu berücksichtigen haben, dass der von M. MITTENZWEI gewählte Typus, die Einzellinse mit Vorderblende, hinsichtlich der sphärischen Korrektion sehr ungünstige Verhältnisse darbietet. Es sei auf die Tafel IV der Landschaftslinsen mit Vorderblende verwiesen, nach deren Betrachtung man milder über diese Zonengrösse denken wird, wenn man sich die grosse relative Oeffnung der MITTENZWEI'schen Systeme vergegenwärtigt.

**) Das EDER'sche Jahrbuch für 1888 erschien im Frühjahr jenes Jahres — wir finden eine Besprechung desselben schon im Märzheft der Photographischen Rundschau — die darin enthaltenen Arbeiten sind sonach auf das Vorjahr zurückzuführen.

Radien, Abstände und Dicken werden leider nicht mitgetheilt, doch ist es nicht zu verkennen, dass wir hier die Tendenz finden, Crowngläser von hohem Brechungsexponenten für die Hebung des Astigmatismus zu verwenden. Auf Herbeiführung sphärischer Korrektion wurde, mindestens bei der Landschaftslinse, kein Gewicht gelegt.

Der Tod M. MITTENZWEI's beendete die weitere Arbeitsthätigkeit dieses für unser Gebiet zweifellos wohl begabten Forschers.

HEINRICH LUDWIG HUGO SCHROEDER. * 183..

H. SCHROEDER's Leben.

Ueber das Leben dieses Optikers ist mir nicht viel Genaues bekannt. Bei dem Universitätsmechaniker MORITZ MEYERSTEIN in Göttingen hat er seine Lehrzeit als Mechaniker und Optiker absolvirt und später am gleichen Orte im besonderen unter J. B. LISTING optischen Studien obgelegen. Er (*1.*) betrieb schon in den 50er und 60er Jahren zu Hamburg ein optisches Geschäft, in welchem er hauptsächlich Teleskopobjektive herstellte.

Gegen das Ende der 70er Jahre verlegte er seine Werkstätte nach Oberursel bei Frankfurt am Main, ohne indessen durch die Verlegung einen geschäftlichen Vortheil zu erreichen. Im Gegentheil war sein finanzieller Zusammenbruch im Frühjahr 1882 der Anlass für seine Uebersiedelung nach London (S. 229), wohin ihn der Inhaber der Firma Ross & Co., JOHN STUART, als technischen Leiter berufen hatte. In dieser Stellung blieb er etwa 12 Jahre und siedelte von dort, wie es scheint, im Frühjahr*) 1894 nach Amerika über, um dort die technische Leitung der *Manhattan Opt. Co.* zu übernehmen. Nach Jahresfrist löste sich auch dieses Verhältniss wieder und er kehrte nach London zurück, wo er sich auch gegenwärtig, auf eigene Rechnung arbeitend, noch befindet.

Die Stellung dieses Mannes auf unserem Specialgebiete lässt sich nur dann richtig beurtheilen, wenn man seine Thätigkeit auch in anderen Zweigen der Optik berücksichtigt. Mit leidenschaftlicher Hingebung hängt er an seiner Wissenschaft und auch in der technischen Ausführung optischer Konstruktionen ist er hervorragend. In wissenschaftlicher Hinsicht hat er seine grossen Verdienste durch die Lebendigkeit und Frische seiner Ansichten, doch steht ihm die Fähigkeit der Darstellung nicht in hohem Grade zu Gebote; zum mindesten gilt dies von dem rasch geschriebenen Werke, das er 1891 über photographische Optik erscheinen liess.

---

*) Siehe Dr. S.: Mittheilungen aus Amerika. Ph. M. 1894/95. **31.** 384.

Es wird sich empfehlen, dieser Arbeit (*4.*) schon hier zu gedenken, da seine langjährigen Erfahrungen daselbst niedergelegt sind.

Photographische Optik.

Nicht der ganze Aufbau seiner Arbeit hat für uns Interesse, da sie zunächst wenigstens in der Absicht geschrieben war, die Benutzer der photographischen Objektive mit der Theorie derselben bekannt zu machen. Dabei aber werden dem fachmännisch geschulten Leser Einblicke in die Auffassungen H. Schroeder's gegönnt, die nur anregend wirken können. So versucht der Verfasser (*79/81*) den Charakter der sphärischen Aberrationsreste zu schildern, also seinen Lesern einen Begriff von den Zonen der sphärischen Aberration zu geben.

In der Besprechung der chromatischen Aberrationen finden wir wohl die Apochromasie als das erstrebenswerthe Ziel hingestellt, daneben aber die merkwürdige Ansicht, dass die optisch-aktinische Achromasie der photographischen Objektive an sich der rein aktinischen vorzuziehen sei.

Bei der Theorie der Aberrationen schiefer Kegel finden wir Auseinandersetzungen über die Distortion. Ohne uns hier auf eine Analyse im einzelnen einzulassen, können wir doch soviel bemerken, dass neben der Konstanz der Brennweiten für Mitte bis Rand des Objektivs auch noch die Aberrationsfreiheit der Hauptpunkte als wichtig erscheint. Auch der Abstand der beiden Hauptpunkte spielt in jener Darstellung eine bedeutende Rolle. Auf den abweichenden Standpunkt, den ich in dieser Arbeit vertreten habe, sei nur kurz hingewiesen.

Von grossem Interesse sind schliesslich noch H. Schroeder's Bemerkungen über Astigmatismus und Koma, Gegenstände, über die er auch wichtige historische Notizen beibringt.

Das letzte Kapitel seiner photographischen Optik beschäftigt sich mit der historischen Auffassung, die er sich über die Erfinder verschiedener photographischer Systeme und ihre Erzeugnisse gebildet hat. Wir kommen damit zu einer Seite seiner Darstellung, die von hoher Wichtigkeit ist, zu seiner Vermittelung zwischen der deutschen und englischen Optik. Es ist nicht nur die Anregung zu diesem oder jenem Typus, die er von englischen Optikern früherer Zeit empfangen haben mag — wenn man auf eine solche Beeinflussung aus der Bereitwilligkeit schliessen kann, mit der er die vermeintliche Abhängigkeit der Ideen Anderer von den seinigen betont — sondern er nimmt auch direkt auf deren Arbeiten Bezug und hat da, wie S. Czapski*) in seinem Referat zeigte, das Seinige gethan, um die Arbeiten verdienter Optiker seiner Adoptivheimat der Vergessenheit zu entreissen. Ueberhaupt verfügt er über eine beachtenswerthe Kenntniss der photographisch-optischen Litteratur und ist gegen Verstorbene von grosser Pietät, wie z. B. niemand die Verdienste J. Petzval's eingehender und verständnissvoller anerkannt und hervorgehoben hat, als er.

Ganz eigenartig ist H. Schroeder's Stellung hinsichtlich des Konstruktionsverfahrens: Er bevorzugt Annäherungsformeln für die Hebung der verschiedenen Abbildungsfehler, aus denen sich dann Radien und Dicken, kurz der Objektivtypus im allgemeinen ergiebt. Die trigonometrische Durchrechnung erscheint ihm (*4. V.*) als ein

*) Z. f. I. 1892. **12.** 175—178.

überlebtes Verfahren, das wohl zur endgültigen Korrektion der Fehlerreste dienen kann, nicht aber zur Auffindung von neuen Systemen. So wenig die Gangbarkeit des SCHROEDER'schen Weges in Frage gezogen werden kann, so erscheint doch die Verurtheilung der trigonometrischen Methode zu hart den Erfolgen gegenüber, die dieselbe seit A. STEINHEIL gezeitigt hat.

H. SCHROEDER's Triplet.

Wenden wir uns nun zu den Konstruktionen unseres Autors selbst, so empfahl er (*2.*) schon 1885 eine Linsenkombination für Sternaufnahmen, in der das SUTTON'sche Triplet erheblich verbessert sein sollte. Nach seinem Vorschlage sollten die beiden äusseren Linsen sammelnde Menisken sein, und die chromatische und sphärische Korrektion der geraden wie der schiefen Büschel sei durch eine innere Linsenkombination zu erreichen, die wenig oder gar nicht sammelnd wirken sollte. Es wurde hervorgehoben, dass dieser Typus den Astigmatismus zu heben gestatte, ohne der Bildwölbung andere als mässige Werthe zu geben; der Bildfeldwinkel sollte 40^0 betragen. Nähere Angaben darüber erschienen damals nicht und wurden auch nicht gemacht, als H. SCHROEDER sechs Jahre später wieder auf diesen Gegenstand zu sprechen kam.

Als photographisches Gebrauchsobjektiv wurde H. SCHROEDER's Triplet nicht ausgeführt, da die Firma Ross & Co. diesen Typus nicht für gangbar erachtete.

Concentric lens.

Durch die 1886 erfolgende Herausgabe des Jenaer Katalogs empfing H. SCHROEDER einen starken Impuls und vollendete anscheinend schon im Spätsommer 1887 die Konstruktion der oben, S. 234, abgebildeten *concentric lens.* Wenigstens gab J. TRAILL TAYLOR (*7.*) am 15. Sept. 1887 einen Bericht über das neue Objektiv, der sich aus inneren Gründen nur auf diesen Typus beziehen kann, und der zum Ueberfluss noch von H. SCHROEDER (*4. 198.*) bestätigt wird. Ueber die äusseren Schicksale des Objektivs und über seine Patentirung (*3.*) haben wir schon S. 234 gesprochen und wollen nun hier von den Eigenschaften desselben handeln.

Die *concentric lens* ist ein holosymmetrisches Objektiv — wohl aus diesem Grunde in der Beschreibung *aplanatic lens* genannt — in welchem der Brechungsexponent des Crownglases mit $n_D = 1.59 - 1.61$ beträchtlich höher war, als der des Flintglases $N_D = 1.50 - 1.53$. Es war dadurch möglich, trotz schwächerer Krümmungen der Crownglaslinse dennoch dem Einzelgliede positive Brennweite zu geben; allerdings mussten im Verhältniss zur Brennweite sehr starke Krümmungen eingeführt werden, die ein beträchtliches Oeffnungsverhältniss nicht ermöglichten.

Durch eine solche Glaswahl war, wie H. SCHROEDER aus dem PETZVAL'schen Theorem ableitete, ein besserer Korrektionszustand des Astigmatismus

gesichert und ausserdem wurde eine Linsenform gewählt, welche Vortheile hinsichtlich der Distortion versprach. Die Aussenkrümmungen der mit den Planflächen verkitteten Bestandtheile des Einzelgliedes waren ganz oder nahezu koncentrisch, das Einzelglied würde also bei Stellung der Blende in den Krümmungsmittelpunkt das Hauptstrahlenbüschel nahezu aberrationsfrei hindurchgelassen haben, wodurch für das symmetrische Doppelobjektiv eine fast völlige Verzeichnungsfreiheit sich ergeben hätte. In diesem Falle wäre das Doppelobjektiv — soweit Krümmungen von endlichem Radius in Frage gekommen wären — koncentrisch gewesen, und darauf deutet der Name der *concentric lens* hin. Thatsächlich erlaubte der Zustand des Astigmatismus eine solche Blendenstellung nicht. Für die hier mitgetheilte Form stellte ich mir die Aufgabe, ausgehend von den bei H. SCHROEDER (*4. 197.*) gemachten Angaben, denjenigen Linsenabstand zu finden, bei welchem für ω appr. $= 30^0$ der Astigmatismus beseitigt war. Dieser Abstand ergab sich auf $f_D = 100$ mm reducirt zu 7.7 mm, und zwar war dann die Bildfeldkrümmung schon konvex gegen das Objektiv, die Abweichungen wurden allerdings sehr gering: bei 30^0 etwa 3 mm. Bei Erweiterung des Linsenabstandes kann man leicht unter Aufgabe der strengen Korrektion des Astigmatismus günstigere Verhältnisse für Herbeiführung angenäherter Bildfeldebenung über ein grösseres Bildfeld schaffen.

Sphärisch war allerdings dieses Objektiv nicht korrigirbar. Seine Aberrationen erinnern mit ihren gewaltigen Beträgen an die *globe lens* und das Pantoskop. Die auf die verfügbaren Glasarten zurückzuführenden starken Krümmungen beschränkten also den Linsendurchmesser nicht direkt, führten aber zu einer Abblendung der weiteren Randstrahlen mit Rücksicht auf die sphärische Unterkorrektion, welche bei 1 : 15.9 schon den Betrag von — 5.1 mm erreichte.

Hier wie bei den oben genannten Typen hatte man vorwiegend einen bestimmten Abbildungsfehler zu heben gesucht, damals die Verzeichnung, jetzt auch noch den Astigmatismus. Man konnte das nur durch Vernachlässigung der sphärischen Korrektion, und das hatte wiederum zur Folge, dass sich diese Systeme nicht anders als für Weitwinkelaufnahmen einbürgerten.

Wenn nun auch äussere Umstände die Einführung des Objektives beeinflusst haben, so bleibt dasselbe doch eine sehr interessante Konstruktion, und es ist recht eigentlich ein Muster für die von H. SCHROEDER erreichte Verschmelzung von Ideen aus beiden Optikerkreisen. Man kann wohl darauf hinweisen, dass TH. SUTTON schon auf Grund eines ähnlichen Gedankenganges ein möglichst verzeichnungsfreies Doublet mit möglichst geebnetem Bildfelde herzustellen bemüht gewesen war (S. 199). Letzteres war H. SCHROEDER infolge richtiger Benutzung der in den neuen Glasarten gebotenen Mittel in eleganter Weise gelungen.

Das achromatisirte Periskop.

Noch eine Konstruktion ist uns von unserem Autor bekannt geworden, auf die derselbe im Jahre 1896 in Amerika ein Patent erhielt.

Fig. 124, s. Taf. II.

H. SCHROEDER's Objektiv.
Quelle: H. SCHROEDER. **6.**
Reducirt auf $f_D = 100$ mm.
Durchgerechnet für 1 : 9.5 und $\omega = 30^1/_2{}^0$.
Radien r_ν, Dicken d_ν und Entfernungen b_ν in Millimetern auf der Axe gemessen

$r_1 = 20.8$
$d_1 = 1.7$
$r_2 = 7.8$
$d_2 = 2.4$
$r_3 = 27.9$
b_1 [1]) $= 5.9$
b_2 [1]) $= 5.9$
$r_4 = 25.7$
$d_3 = 1.5$
$r_5 = 20.8$

Glasarten n_D.

$L_1 = 1.5473$
$L_2 = 1.5149$
$L_3 = 1.5688$

[1]) Blendenabstände angenommen; angegeben findet sich nur ihre Summe, d. h. die Entfernung zwischen L_2 und L_3.

Das in der Patentschrift angegebene Objektiv gehört in die Klasse der achromatisirten Periskope, wie wir sie zuerst von F. H. WENHAM. S. 161, vorgeschlagen finden. Hier sind neue Glasarten benutzt worden, was ja auch M. MITTENZWEI bei demselben Typus versucht hatte. Der sphärische Korrektionszustand des fraglichen Objektivs ist ein derartiger, dass sphärische Korrektion für eine relative Oeffnung von etwa 1 : 9 erreicht sein wird, dabei beträgt die longitudinale Maximalabweichung auf der Axe etwa — 0.5 mm. Hinsichtlich der schiefen Büschel war der Konstrukteur bemüht, angenäherte Bildebenung über ein grosses Bildfeld zu erreichen. Bei $\omega = 30^1/_2{}^0$ ist noch negative Krümmung vorhanden. Dabei beträgt allerdings die astigmatische Differenz über 8.5 mm.

Mit sehr einfachen Mitteln ist also in dieser Konstruktion ein ganz beachtenswerthes Resultat erzielt worden.

Später ist H. SCHROEDER*) anscheinend über den hier beschriebenen Typus in einen Prioritätsstreit mit dem Erfinder der *Cooke lens*, H. D. TAYLOR, eingetreten. Er erfuhr eine Zurückweisung, die man, wenn es sich wirklich um den hier beschriebenen Typus handelt, nur als gerechtfertigt wird bezeichnen können.

CARL MOSER. * 1. Febr. 1858, † 16./17. Jan. 1892.

C. MOSER's Leben.

Wir finden diesen Optiker zuerst in einer Mittheilung H. SCHROEDER's (**7.**) erwähnt als seinen damaligen Assistenten.**) C. MOSER war um diese Zeit als Hauslehrer der SCHROEDER'schen Kinder mit H. SCHROEDER in Verbindung gekommen und von diesem in die rechnende Optik eingeführt worden. Er machte die oben S. 346 besprochene Uebersiedelung nach Oberursel mit, ging aber noch 1881 nach Berlin zurück, wo er neben spektrometrischen Untersuchungen sich auch mit der Berechnung von Doppelfernrohren beschäftigte, die von dem Optiker O. DERGE ausgeführt wurden.

Nach einem kurzen Aufenthalt in Oberursel 1883/84, woselbst er im Auftrage der Konkursverwaltung die Weiterführung der

*) Über Cooklinsen Ph. M. 1896/97. **33.** 359. s. a. 392—393.

**) Die Angaben über C. MOSER's Leben verdanke ich den liebenswürdigen Mittheilungen des Herrn R. SPRANGER vom 28. März und vom 5. Juli 1899.

SCHROEDER'schen Werkstätte unternahm, kehrte er auf Veranlassung des Optikers C. BAMBERG nach Berlin zurück und hat sich dann in dessen Auftrag hauptsächlich mit der Berechnung von Fernrohrobjektiven beschäftigt.

Ein Jahr später, 1885, trat er in den Dienst von C. P. GOERZ in Schöneberg und arbeitete, wie wir noch sehen werden, auch an der Vervollkommnung des als Landschaftslinse zu benutzenden Einzelobjektivs.

Seine wissenschaftlichen Arbeiten, die in unser Gebiet schlagen, sind gering an Zahl, aber von Bedeutung.

Die Grundformeln der Dioptrik.

Zunächst beschäftigte er sich (*1.*) mit der Entwicklung der Formeln für den allgemeinen Fall der Brechung, die nachher specialisirt wurden, um einmal die GAUSS'sche Theorie der paraxialen Strahlen zu liefern, anderseits unter Beschränkung auf die ersten Potenzen die Theorie der sphärischen Aberrationen erster Ordnung zu ergeben. Im einzelnen ausgeführt sind diese Formeln an jener Stelle nur für ein System dünner in Kontakt befindlicher Linsen.

Die einfache Landschafslinse.

Eine weitere Ausbildung in der uns hier interessirenden Richtung erfuhr die obige Arbeit in (*2.*) acht Jahre später. Die damals abgeleiteten allgemeinen Formeln der sphärischen Aberrationen wurden ganz ähnlich wie in den SEIDEL'schen Arbeiten diskutirt, und C. MOSER kam hier zu dem Ergebniss, vier Abweichungskoefficienten aufzustellen, die er sphärische Aberration in der Axe, Verzeichnung, Wölbung der Fläche des Bildes der ebenen (meridionalen) und windschiefen (sagittalen) Strahlen, und schliesslich Astigmatismus nannte. Die Ausdrücke dafür wurden zunächst nur für eine einfache blendenlose Linse gebildet, später aber auch noch so modificirt, dass sie den Fall der Einzellinse mit Vorderblende umfassten. Aus der Diskussion der durchsichtigen Annäherungsformeln wurde der Schluss gezogen, dass die gleichzeitige Hebung sämmtlicher hier aufgeführter Abbildungsfehler an einer Einzellinse nicht möglich sei. Als besonders wichtig wurde der Fall hervorgehoben, dass die Einzellinse nicht verzeichne, und den beiden Bildflächen gleiche, aber entgegengesetzt gerichtete Wölbung zukomme.

Der Verfasser berichtete von Versuchsausführungen einer Reihe von Objektivtypen, die nach seinem Schema gefunden waren, welche in der GOERZ'schen Anstalt angestellt seien. Die Ergebnisse dieser Ausführungen, bei denen auch Jenaer Gläser Verwendung fanden, scheinen nicht veröffentlicht zu sein, da der Tod dem Erfinder den Mund verschloss. Nur an einer Stelle*) findet sich eine Bemerkung, dass aus C. MOSER's Forschungen eine von der Firma C. P. GOERZ ausgeführte Konstruktion herstamme. Hinsichtlich der Richtigkeit dieser Behauptung wird man die Aeusserung der Firma C. P. GOERZ abwarten müssen.

*) H. SCHROEDER, Centralzeit. f. Opt. u. Mech. 1899. **20.** 12.

Wenn wir hier von C. MOSER Abschied nehmen, so unterlassen wir nicht, unserm Bedauern darüber Ausdruck zu geben, dass es diesem fähigen Schüler H. SCHROEDER's nicht mehr vergönnt war, auf Grund seiner Methode berechnete Objektive in die Praxis einzuführen.

ADOLF MIETHE.

A. MIETHE's Leben.

Derselbe trat zuerst als Praktikant der Astronomie in Berliner photographischen Vereinen um die Mitte der 80er Jahre auf, wo er sich einer Reihe von Aufgaben aus der photographischen Praxis widmete. Mit optischen Aufgaben beschäftigte er sich während seiner Verbindung mit der Potsdamer Werkstätte von E. HARTNACK, in der die von ihm gefundenen Typen, wie ein Pantoskop und der MIETHE'sche Anastigmat, ausgeführt wurden. Später, wohl im März 1892, siedelte er als technischer Sachverständiger für die optische Fabrik von SCHULZE & BARTELS nach Rathenow über und verliess diese Stellung 1895, um im Juli desselben Jahres in gleicher Eigenschaft an die Werkstätte von VOIGTLÄNDER & SOHN nach Braunschweig zu gehen. Nachdem dieselbe im Jan. 1898 in eine Aktiengesellschaft umgewandelt war, erhielt er die Stellung eines Direktors, welche er am 1. Oktober 1899 aufgab, um die Leitung des photo-chemischen Laboratoriums der technischen Hochschule zu Charlottenburg zu übernehmen.

Nebenbei leitete er die Redaktion der beiden photographischen Zeitschriften: Atelier und Chronik und ist auch als Schriftsteller auf dem Gebiete der Optik thätig gewesen. Seine „Photographische Optik" ist indessen für uns von geringerer Bedeutung, da dieselbe wohl frisch und lebendig geschrieben ist, sich jedoch auf die ersten Elemente beschränkt.

Lichtabnahme nach dem Plattenrande.

Gehen wir zur Besprechung seiner Leistungen in der theoretischen Optik über, so verdient zuerst ein aus dem Frühjahre 1888 stammender Artikel (*1.*) Erwähnung, in welchem er die Gesetze der Lichtabnahme nach dem Plattenrande behandelt. Sehen wir davon ab, dass die Komponenten eines Doppelobjektivs gar zu sehr als dünne Linsen behandelt worden sind, ein Verfahren, das nur bei sehr roher Annäherung gestattet ist, so begegnet uns doch als eine bemerkenswerthe Bemühung der Versuch, die infolge Abblendung der schiefen Büschel durch die Linsenfassungen entstehenden Lichtverluste mit Hilfe einer Formel auszudrücken.

A. MIETHE's Anastigmat.

Ob er wirklich zuerst von H. SCHROEDER (*8.*) auf die PETZVAL'sche Formel für die Bildebenung aufmerksam gemacht wurde, lässt sich schwer entscheiden, jedenfalls hat er der betreffenden Angabe nicht ausdrücklich widersprochen. Sicher ist nach seiner eigenen Darstellung (*2.*), dass er die Rechnungen zu seinem Objektiv

im März 1888 fertig gestellt hatte, also jedenfalls erheblich nach der entsprechenden Konstruktion H. SCHROEDER's. Etwas später gab er (*3.*) einige eingehendere Notizen über das Objektiv, die späterhin in der zweiten Auflage des EDER'schen Handbuchs*) (*1. 91.*) noch ergänzt wurden. Es ist danach der MIETHE'sche Anastigmat ein aus schwerem Barium-Phosphat-Crown und leichtem Silikat-Flint zusammengesetztes holosymmetrisches Doppelobjektiv mit Mittelblende, bei dem die sphärische Korrektion nicht zu erreichen war. Die astigmatische Korrektion war verbessert entsprechend der Verwendung der neuen Glassorten, Bildebenung allerdings noch nicht herbeigeführt. Für alle Aufnahmen, bei denen möglichste Lichtstärke verlangt wird, wurde das Instrument mit einem nicht unbeträchtlichen Linsenabstand benutzt, und zwar betrug die relative Oeffnung dann 1 : 7. Für Weitwinkelaufnahmen wurden, entsprechend dem STEINHEIL'schen Universal-Aplanaten, die Linsen einander genähert, und mit kleinen Blenden, etwa 1 : 20 bis 1 : 40, erhielt man dann ein Bildfeld von über 90° Ausdehnung, während dasselbe bei dem grösseren Linsenabstande etwa 65° umfasste.

Nahezu die gleichen Glassorten, nämlich Mittleres Phosphat-Crown und Leichtes Silikat-Flint wurden zur Herstellung einer lichtstarken Landschaftslinse mit 1 : 12 Oeffnung benutzt. Allerdings hatte das betreffende Crown hier schon einen niederen Brechungsexponenten dem Flint gegenüber. Nähere Angaben der Konstruktionsdaten finden sich auch hier nicht.

Spätere Verbesserungen am MIETHE'schen Anastigmaten.

Wie es scheint hat A. MIETHE noch Versuche gemacht, seinen Anastigmaten zu verbessern, wenigstens giebt der *Illustrated Catalogue of the Royal Photographic Society's International Exhibition, At the Crystal Palace, 1898* auf S. 63 unter No. 78 *Anastigmat Aplanat* und No. 79 *Anastigmat* zwei von A. MIETHE selbst ausgestellte Formen an, die 1889 bezw. 1890 eingeführt wurden. Bei der letzteren Form war, vermuthlich um die sphärische Korrektion zu verbessern, das Einzelglied nicht aus zwei, sondern aus drei verkitteten Komponenten zusammengesetzt. In weiteren Kreisen sind die Konstruktionen nicht bekannt geworden, und man geht wohl in der Annahme nicht fehl, dass die Aufstellung des RUDOLPH'schen Princips der anastigmatischen Bildfeldebenung auch für diese Konstruktion das Ende war, ähnlich wie wir es in Bezug auf die besser geplante *concentric lens* H. SCHROEDER's zu bemerken Gelegenheit nahmen.

*) Im Vorwort zu demselben erwähnt der Autor die Mitwirkung A. MIETHE's, der ihn durch Zusendung von Daten mit Andern unterstützt habe, ausdrücklich.

Kompensator.

Im Jahre 1889 tritt uns A. MIETHE (*4.*) mit einer Einrichtung entgegen, welche den Zweck hatte, dem seitlichen Lichtabfall bei Weitwinkelobjektiven entgegenzuarbeiten; es ist das sein Kompensator, der unter No. 51529 in Deutschland 1889 patentirt wurde. Es war eine planparallele Glasplatte, die aus einer plankonkaven Crownglaslinse und einer gleichgekrümmten plankonvexen Rauchglaslinse von gleichen Brechungsexponenten zusammengesetzt war. Dieselbe sollte in den Strahlengang gestellt werden und die Intensität der Strahlen geringer Neigung bedeutender schwächen als die starker. Ueber die Vortheile und Nachtheile dieser Einrichtung, sowie ihre Stellung zu früheren Versuchen ähnlichen Zwecks hat der Verfasser sich in (*7.*) genauer ausgelassen. Eingeführt scheint sich diese Einrichtung nicht zu haben.

Teleobjektiv.

A. MIETHE's Theilnahme an dem Wettlauf um die letzte Wiedererfindung des Teleobjektivs mit negativer Komponente sei hier nur beiläufig erwähnt. Die ganze Angelegenheit hat wohl für die Geschichte des Teleobjektivs selbst, nicht aber für die allgemeine Geschichte des photographischen Objektivs Interesse; sie ist demgemäss auch dort vom Verfasser (*1., 2.*) behandelt worden. An diesem Orte mag nur daran erinnert werden, dass hier I. PORRO's Priorität ganz zweifellos feststeht.

Neuerungen der VOIGTLÄNDER'schen Anstalt.

D. KAEMPFER's Versuche bei VOIGTLÄNDER & SOHN.

Ungefähr um die gleiche Zeit beschäftigte sich auch die alte Firma VOIGTLÄNDER & SOHN mit den neuen Glasarten, und zwar auf Grund von Versuchen, die ihr wissenschaftlicher Beamter DAVID KAEMPFER angestellt hatte. Derselbe befand sich dort nach einer in Jena durchgemachten Schulungszeit, in der er unter der Anleitung des später zu besprechenden P. RUDOLPH rechnen gelernt hatte. Die Resultate der in Braunschweig angestellten Versuche scheinen im wesentlichen negativ gewesen zu sein, denn der darüber von VOIGTLÄNDER & SOHN erstattete Bericht (*3.*) spricht ebenso zurückhaltend über die Bedeutung der Jenaer Gläser, wie feurig über deren Herstellung, und die ganze Ausbeute an neuen Typen scheint die von D. KAEMPFER (*1.*) beschriebene Landschaftslinse von 1 : 12 Oeffnung gewesen zu sein, über deren Konstruktion wir an diesem Ort nichts Eingehenderes erfahren.

Die Neukonstruktionen auf dem Gebiete symmetrischer, astigmatisch korrigirter Objektive, welche unter D. KAEMPFER's Namen veröffentlicht sind, werden an späterer Stelle besprochen werden,

was auch von seiner Arbeit auf dem Gebiete der Theorie der Verzeichnung gilt.

Nebenbei wurden in der Braunschweiger Anstalt in den alten Objektivtypen die Gläser wenigstens zum Theil durch neue Jenaer Glasarten ersetzt, ein Verfahren, das wie oben bemerkt auch von A. STEINHEIL geübt wurde.

Andere Firmen führten die alten Typen mit Glasarten aus, die einen möglichst proportionalen Gang der Dispersion besitzen, und suchten so „photographische Apochromate" zu schaffen. Es scheint nicht, dass diese Bestrebungen in nennenswerthem Maasse von Erfolg gekrönt waren.

Rückblick.

Im grossen und ganzen lässt sich wohl die Auffassung rechtfertigen, dass der grosse Impuls, der der rechnenden Optik durch die Herausgabe des Jenaer Glaskatalogs gegeben war, auf dem Gebiete der photographischen Optik zwar eine intensive aber nicht besonders erfolgreiche Beschäftigung mit den neuen Glasarten ausgelöst hatte. Die meisten der neuen Formen erscheinen 1887 oder 1888, dann lässt der Eifer nach, und kaum der aussichtsreichste Typus dieser Epoche, die *concentric lens*, scheint mit einiger Energie ausgeführt und vertrieben zu sein. Für eine Reihe der übrigen Aenderungen ist die Verwendung der Jenaer Gläser mehr ein Lock- und Zugmittel als eine Lebensbedingung, und es fehlte ganz und gar an einer auch nur von ferne zu vergleichenden Verbesserung des photographischen Objektivs, wie sie das Mikroskopobjektiv infolge der Konstruktion der Apochromate durch E. ABBE erfahren hatte.

4. P. Rudolph und die neueste Zeit.

a. Die Erfindung des Anastigmatdoublets und die Ausbildung desselben zu Universal- und Weitwinkelobjektiven.

P. RUDOLPH's Leben.

Schon einige Zeit hatten, wie oben erwähnt, die Leiter der Jenaer Optischen Werkstätte die Nothwendigkeit eingesehen, ihren Arbeitskreis allmählich über das Gebiet der reinen Mikroskopoptik hinaus zu erweitern und bei dieser Gelegenheit auch die Zahl der zu ihrer Verfügung stehenden wissenschaftlichen Hilfskräfte zu vermehren. Unter den so neu eintretenden, wissenschaftlich vorgebildeten Männern war auch der damalige Schulamtskandidat PAUL RUDOLPH; er war bei den ungünstigen Anstellungsverhält-

nissen, wie sie damals im höheren Schulwesen herrschten, im Winter 1885 Institutslehrer in Lauterberg a. H. geworden, so dass er die sich ihm in Jena bietende Gelegenheit, zeitweilig für die Firma ZEISS arbeiten zu können, gern annahm. Es war im Januar 1886, als derselbe zunächst zur Unterstützung von E. ABBE bei den zur Einführung der neuen Glasarten in die Mikroskope (Apochromate) nöthigen sehr umfangreichen Rechnungen eintrat, und von diesem in die Methoden der trigonometrischen Berechnung von Mikroskopen eingeführt wurde.

PAUL RUDOLPH war am 14. November 1858 in Kahla in Thüringen geboren, hatte die Universitäten von München, Leipzig und Jena besucht und promovirte 1884 in Jena über „Die Eigenschaften der einem Kegelschnitt ein- und umschriebenen regulären Dreiecke." In demselben Jahre legte er die Prüfung *pro facultate docendi* ebenfalls in Jena ab und leistete dann 1884/85 sein Probejahr als Kandidat des höheren Schulamts zu Siegen. Es wurde schon erwähnt, dass er gleichsam zufällig die Arbeitsgelegenheit an der damals noch nicht so umfangreichen Optischen Werkstätte ergriff; doch war es ein glücklicher Zufall, der ihn an diese Stelle brachte.

Ausbildung in Jena.

Die gründliche Ausbildung in der Berechnung von Mikroskop- und Fernrohrobjektiven war selbstverständlich; doch sind beide Rechnungen, so schwierig erstere und so einfach letztere auch sein mag, in der Anlage insofern ähnlich, als es bei beiden die von einem Axenpunkt ausgehenden Strahlen sind, welche den Gang der Rechnung bestimmen. Seitlich der Axe gelegene Punkte werden in der Rechnung direkt nicht berücksichtigt, und man schenkt ihnen nur insoweit Beachtung, als man die ABBE'sche Sinusbedingung zu erfüllen strebt. Aplanate, d. h. holosymmetrische Kombinationen aus zwei verkitteten Linsenpaaren zusammengesetzt und für den Gebrauch am photographischen Apparate bestimmt, waren wohl für befreundete Firmen gerechnet, jedoch auch hier vermag man mit jener einfacheren Rechnungsanlage auszukommen.

Allmählich begann man aber in der ZEISS'schen Werkstätte, dem Plane der Herstellung neuartiger photographischer Objektive näher zu treten, und es war E. ABBE (*3.*), der den Gedanken fasste, dieses Ziel durch ein Triplet zu erreichen, bei dem die sammelnde Wirkung durch zwei Einzellinsen herbeigeführt wurde, während die Korrektion der chromatischen und sphärischen Fehler in eine verkittete Mittellinse verlegt war; und nach diesem Plane nahm P. RUDOLPH die Berechnung vor.

Das photographische Triplet.

E. ABBE stellte auch die Formeln zur Bestimmung des Astigmatismus im Büschel der Hauptstrahlen auf, so neben den SEIDEL'schen Formeln eine neue Methode entwickelnd. Die Wahl der Glasarten war eine derartige, dass E. ABBE an zweiter Stelle auch die Herbeiführung apochromatischer Korrektion erzielen konnte. Man versteht unter apochromatischer Korrektion, einem in die Mikroskopoptik von E. ABBE eingeführten Begriffe, nicht nur die Hebung des sekundären Spektrums, sondern auch die Herbeiführung des Aplanatismus für mehrere Farben, d. h. praktisch die Aufhebung der chromatischen Differenz der sphärischen Aberrationen über einen grossen Theil des Spektrums. Somit wurde auch in Jena auf photographischem Gebiete zunächst in der Richtung gearbeitet, welche in der Mikroskopoptik zu so glänzenden Erfolgen geführt hatte. Es sei indessen gleich hier bemerkt, dass man hinsichtlich des Erfolges eine Enttäuschung erlebte; die Praxis bediente sich des neuen Instruments nur wenig.

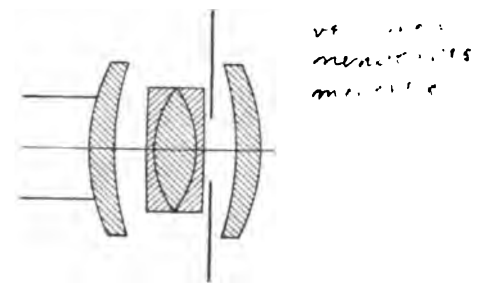


Fig. 125, s. Taf. II.

E. ABBE und P. RUDOLPH: Symmetrisches Triplet (achromatisch).
Quelle: Angaben des Verfassers.
Reducirt auf $f_D = 100$ mm.
Durchgerechnet für 1 : 7.2 und $\omega = 26\,^1/_2{}^0$.
Radien r_ν, Dicken d_ν und Entfernungen b_ν in Millimetern auf der Axe gemessen.

$r_1 = r_8 = 26.2$
$d_1 = d_5 = 3.4$
$r_2 = r_7 = 39.2$
$b_1 = b_2 + b_3 = 4.3$
$b_2 = 0.8$
$b_3 = 3.5$
$r_3 = r_6 = 235$
$d_2 = d_4 = 1.1$
$r_4 = r_5 = 14.0$
$d_3 = 5.7$

Glasarten n_D.

$L_1 = L_5 = 1.51660$
$L_2 = L_4 = 1.56760$
$L_3 = 1.50846$

Die Konstruktion, die in den wesentlichen Stücken — von der Apochromasie abgesehen — mit dem von H. SCHROEDER (s. S. 230) veröffentlichten, in Jena aber unbekannt gebliebenen Tripletschema übereinstimmte, war sowohl symmetrisch als unsymmetrisch geplant und konnte achromatisch oder auch apochromatisch ausgeführt werden.

Unter den vielen Möglichkeiten wurde hier ein achromatisches Triplet gewählt, da für dieses sowohl sphärische als astigmatische Rechnungen vorlagen. Man sieht sofort, dass die sphärische Korrektion des dargestellten Typus eine sehr befriedigende ist, denn die longitudinalen Aberrationen übersteigen nicht den Werth von — 0.4 mm. Führt man etwas andere Gläser ein, so erhält man bei nahezu gleichen sphärischen Aberrationen für gelbes Licht eine sehr befriedigende Annäherung an vollständigen Aplanatismus auch für andere Farben, die es erklärt, dass die gute Schärfe nahe der Axe den Benutzern auffiel. Der Korrektionszustand der schiefen Büschel war indessen auf keiner

grösseren Höhe als bei den bekannten aplanatischen oder antiplanetischen Konstruktionen jener Zeit. Die astigmatische Differenz bei einer Neigung von etwa 26° betrug noch ziemlich 6 mm bei konkaver Bildfeldkrümmung.

P. Rudolph's Vorarbeiten zum Anastigmat-Doublet.

Zu gleicher Zeit mit der Vorbereitung dieses Typus, also in den Jahren 1888/89, stellte P. Rudolph Versuche an, eine Konstruktion zu finden, in welcher der Hauptfehler der damaligen Objektive, der Astigmatismus, weniger störend bemerkbar sein sollte.

Die folgenreiche Idee, von der er ausging, war nun nicht wie bei einzelnen seiner Vorgänger die, die Seidel-Petzval'sche Regel mit Hilfe der neuen Gläser in der Praxis durchzuführen, sondern er stellte sich die Aufgabe, ein sphärisch korrigirtes System mit möglichster anastigmatischer Bildebenung zu berechnen, dabei aber zunächst die chromatische Korrektion ganz ausser Spiel zu lassen. Vielleicht, dass man dann die gesteigerte Auswahlmöglichkeit der Glasarten benutzen konnte, auch diesen letzten Fehler zu beseitigen — ein Gedankengang, der auch wirklich zu dem vielumworbenen Ziel geführt hat.

Blieb man nun zunächst, wie es mit Hinsicht auf die Verzeichnung räthlich erschien, bei der dem Aplanaten ähnlichen äusseren Form des Doublets mit Mittelblende, so dass die Tangentenbedingung im wesentlichen stets gewahrt blieb, so erwies sich P. Rudolph bei seinen Forschungen eine ganz eigenthümliche Form als nothwendig. Der Bericht (*2. 4.*), den er 1891 erstattet und zwei Jahre darauf ergänzt hat, gewährt einen so deutlichen Einblick in den Weg der Auffindung, dass wir hier diese beiden Arbeiten einer gründlichen Besprechung unterziehen müssen.

Ueber den Astigmatismus photographischer Linsen. 1891 und 1893.

Geht man von einem Aplanaten alter Art aus, dessen Linsenabstand so bestimmt ist, dass sein Bildfeld möglichst eben ist, so fallen die beiden astigmatischen Bildflächen nur am Scheitel zusammen, für alle endlichen Hauptstrahlneigungen tritt eine astigmatische Differenz auf, welche mit wachsendem Neigungswinkel stetig wächst. Dabei ist — ebenes Bildfeld vorausgesetzt — die Schnittweite der meridionalen Büschel stets erheblich grösser als die der sagittalen. Verringert man den Abstand der beiden Aplanathälften, so sieht man wohl die astigmatischen Differenzen über das ganze Feld kleiner werden, aber das Bildfeld bleibt nicht mehr annähernd eben: es wölbt sich und kehrt seine hohle Seite dem Objektiv zu. Beschränkt man sich aber aus praktischen Gründen — hauptsächlich, um eine gleichmässige Tiefenausdehnung über das ganze Bildfeld annehmen zu können — auf die Betrachtung von Objektiven mit geebnetem Bildfeld, so ist der Astigmatismus insofern von der Oeffnung des Objektivs abhängig, als er mit abnehmender Oeffnung abnimmt. Hält man die beim Bau des Objektivs verwandten Glasarten fest, so lässt sich, wie das in der Arbeit (*4.*) auch geschehen ist, der Satz aussprechen, dass bei Objektiven verschiedener Oeffnung unter sonst gleichen Verhältnissen die astigmatische Differenz (Meridional- minus Sagittalbildweite) sich um so mehr der

Null nähert, beziehentlich um so grössere negative Werthe annimmt, je kleiner die Oeffnung ist, für welche das Objektiv sphärisch korrigirt ist. Es ist vielleicht nicht überflüssig, den Ausdruck „unter sonst gleichen Verhältnissen" noch etwas näher zu erläutern; es ist darunter verstanden, dass der Konstruktionstypus (Aplanat, Anastigmat) und sein Korrektionszustand festgehalten, annähernde Bildebenung erzielt und die gleiche Hauptstrahlneigung bei der Vergleichung beider Systeme ins Auge gefasst sei. Es wird dann die Grösse der astigmatischen Differenzen für zwei Anastigmatgruppen von je drei Repräsentanten (*4. 224.*) direkt gegeben, während eine analoge Darstellung des Verhaltens des Aplanattypus aus der Vergleichung der Kurven 1, 4, 6 in (*2. 233.*) erhalten wird.

Machten wir bis jetzt Aussagen über die Grösse der Abweichungen von der astigmatischen Bildebenung relativ zum Konstruktionstypus — bei einigermassen grossen Winkeln waren die astigmatischen Differenzen stets stark positiv gewesen — so giebt uns der letzte der von P. Rudolph aufgestellten Sätze (*4. 228.*) an, wie die absolute Verringerung dieser Werthe zu erzielen sei: „Der Astigmatismus ist abhängig von der Differenz der Brechungs- „exponenten der zu den verkitteten Linsen eines optischen Systems verwen- „deten Crown- und Flintgläser. Es nimmt unter sonst gleichen Verhältnissen „die astigmatische Differenz (Meridian- minus Sagittalbildweite) um so klei- „nere positive resp. grössere negative Werthe an, je mehr die Brechungs- „exponentendifferenz Crown minus Flint positiven Werthen sich nähert, resp. „je grössere positive Werthe sie annimmt."

Die Wichtigkeit der Ergänzung des Petzval'schen Theorems.

Es scheint mir geboten, hier in einem besonderen Exkurs auf die stets übersehene Bedeutung dieser Sätze ausdrücklich hinzuweisen. Soweit mir die Litteratur bekannt ist, berufen sich die Autoren hinsichtlich der bildebnenden Eigenschaft einer achromatischen Kombination mit höher brechendem Crown in der Regel auf das Petzval'sche Theorem; wie mir scheint, nicht mit gutem Recht. Einmal sagt das Petzval'sche Theorem über endliche Hauptstrahlneigungen nichts aus, und Untersuchungen, die seinen Geltungsbereich in dieser Weise erweitern, sind nicht veröffentlicht worden. Ferner aber ist das Petzval'sche Theorem dann und nur dann für die Bildfeldkrümmung von Bedeutung, wenn die Strahlenvereinigung auch seitlich der Axe eine punktmässige ist. Dann, und nur dann, fällt der Einfluss des Blendenortes fort. Bei den vorgeschlagenen Kombinationen mit hochbrechendem Crown ist aber die Strahlenvereinigung nicht einmal in der Axe eine punktmässige, und J. Petzval würde sich in seiner beissenden Art recht nachdrücklich gegen die Anwendung seines Satzes auf solche Objektive verwahrt haben. Und was die Korrektion ausseraxialer Punkte angeht, so ist sie in so empfindlicher Weise abhängig von der Blendenentfernung, dass es niemand einfallen würde, dieselbe zu vernachlässigen. Das Petzval'sche Theorem ist mithin für die Bildebenung in solchen Einzellinsen mit Vorderblende nicht anwendbar. Diese Lücke wird ausgefüllt, und zwar unter Berücksichtigung endlicher Winkel, durch die Rudolph'schen Sätze. Dieselben sind nicht gefunden auf J. Petzval's analytischem Wege, sondern durch Induktionsschlüsse auf Grund eines durch trigonometrische Durchrechnung der verschiedensten Typen enthaltenen Thatsachenmaterials. Hier liegen die Wurzeln des gewaltigen Aufstrebens der neuesten photographischen Optik, und so glänzend und elegant das Petzval'sche Theorem ist, so wenig kann es sich an Bedeutung für den Konstrukteur photographischer Objektive messen mit dieser Ergänzung durch P. Rudolph.

Die kanonische Zusammensetzung des Anastigmaten nach P. Rudolph.

Nachdem nun das Jenaer Glaswerk seit 1886 solche Crowngläser mit hohem Brechungsexponenten zum Verkaufe anbot, welche eine Achromasie mit niedriger brechenden Flintgläsern zu erreichen gestatteten, wäre es schwer verständlich, warum dieselben nicht schon früher zur Konstruktion vollkommener anastigmatischer Systeme benutzt worden seien, wenn nicht, wie P. Rudolph hervorhob, die Herbeiführung sphärischer Korrektion für eine hinreichend grosse Oeffnung nur dann möglich ist, wenn der Brechungsexponent des Flints wesentlich höher ist als der des Crowns*). Eine Versöhnung der beiden einander widersprechenden Forderungen findet nun, wenn man sich auf die einfachsten Doubletkonstruktionen beschränkt, statt in einem unsymmetrischen Doppelobjektiv durch gegensätzliche Abstufung der Brechungsexponenten, d. h. dann, „wenn wir dasselbe construiren aus:

„a) einem verkitteten System mit Crownexponent niedriger als „Flintexponent (Forderung der sphärischen Correction) und

„b) einem verkitteten System mit Crown höher als Flint (Forderung „für anastigmatisch ebene Correction).“

Patentschrift 56 109.

Hält man nun, wie es die Patentschrift 56 109 thut, konsequent an der Forderung fest, dass mindestens angenähert**) eine Achromasie der beiden Einzelbestandtheile erreicht sein müsse, so lässt sich der letzte von P. Rudolph ausgesprochene Satz auf verschiedene Weisen in verkitteten Systemen realisiren.

Nimmt man an — und nur dieser Fall hat praktische Bedeutung gewonnen — dass beide Einzelsysteme positive Brennweite haben sollen, so lässt sich eine Achromasie des unter a) aufgeführten Systems mit den altbekannten Glasarten durch einen *Altachromaten* erreichen, dagegen erfordert die chromatische Korrektion des unter b) skizzirten und jetzt positiv angenommenen Systems ein Glaspaar, in welchem der Crownglasbestandtheil zwar höhere Brechung, aber niedere relative Dispersion besitzt, als der mit ihm verbundene Flintbestandtheil, mit anderen Worten einen *Neuachromaten*. Diese beiden Arten von Glaspaaren, die je eine achromatische Kombination bilden, wollen wir nach dem Vorgange der Patentschrift als *normale* und *anormale* Paare bezeichnen, je nachdem in ihnen ein hochbrechendes Crown vorkommt oder nicht, oder nach der glücklichen Namengebung O. Lummer's als *Alt-* und *Neuachromate*.

Nimmt man dagegen an, dass der eine der beiden Achromate des Doublets eine negative Brennweite erhält, so erfordert die Vorschrift b) keineswegs unter allen Umständen ein normales Glaspaar, sondern die Achromatisirung lässt sich bei einem Achromaten negativer Brennweite auch mit den altbekannten Glasarten der Forderung b) entsprechend erreichen; beide Glaspaare sind dann normale. Auch für diese praktisch nicht so wichtige Form ist in der Patentschrift ein Beispiel angegeben. Auf zwei anor-

---

*) Die Ausdrücke Crown und Flint sind von P. Rudolph (*2. 331.*) ausdrücklich dadurch definirt, dass in einer annähernd achromatischen Linse dasjenige Glas als Flintglas zu bezeichnen sei, welches die grössere *relative Dispersion* $\frac{1}{\nu}$ besitzt.

**) Die Farbenabweichung eines solchen Einzelbestandtheils soll relativ klein sein zur Farbenabweichung der einfachen Crownglaslinse. Die strenge Achromatisirung ist im D.R.P. 56109 ausdrücklich nicht als nothwendig bezeichnet.

male Glaspaare würde man nur geführt worden sein, wenn man in diesem Falle den sammelnden Achromaten ebenfalls aus einem anormalen Glaspaare gebildet hätte.

Vermittelnd zwischen diesen beiden Extremen steht der in der Patentschrift gleichfalls ausdrücklich behandelte Fall, dass der eine Achromat im wesentlichen allein die Aufgabe der Sammelwirkung zugetheilt erhält, während die andere Linse die Funktion eines Korrektionsgliedes mit langer, für die Sammelwirkung irrelevanter Brennweite erfüllt. Alsdann muss nur das Princip der gegensätzlichen Abstufung gewahrt bleiben, der Charakter des Glaspaares dieser Korrektionslinse hängt von dem Vorzeichen ihrer Brennweite und von dem Charakter des Sammelachromaten ab.

Das Rudolph'sche Princip anastigmatischer Bildfeldebenung.

In vollkommen gerechtfertigter Weise umfasste daher der Anspruch des Erfinders alle Doubletsysteme aus verkitteten Linsen, in welchen *eine gegensätzliche Abstufung der Brechungsexponenten* statt hat. Es war damit das Rudolph'sche Princip der anastigmatischen Korrektion als das der gegensätzlichen Abstufung der Brechungsexponenten ausgesprochen, dessen *praktisch wichtigster Theil* darin bestand, dass ein positiver Altachromat mit einem positiven Neuachromaten verbunden wurde.

Bezeichnet man mit n_+ den Brechungsexponenten eines sammelnden, mit n_- den eines zerstreuenden Bestandtheils, und bedeutet A [ ] die angenäherte Achromasie, so lässt sich das Rudolph'sche Princip unter Benutzung der bekannten Ungleichheitszeichen durch das folgende Schema wiedergeben:

$$A\,[n_- > n_+],\quad A\,[n_- < n_+]$$

während sein praktisch wichtigster Theil die leichtverständliche Form

$$A_+\,[n_- > n_+],\quad A_+\,[n_- < n_+]$$

annimmt.

Später wird es von Vortheil sein, eine einfachere Bezeichnungsweise für das Schema dieses wichtigsten Theiles zu haben. Da hier stets ein normales und ein anormales Glaspaar vorhanden ist, so wollen wir die Zugehörigkeit der Gläser zu denselben durch ein angehängtes *n = normal* oder *a = anormal* kennzeichnen, und erhalten dann als gleichwerthig mit der letzten Formel die beiden Ungleichungen:

$$n_{n-} > n_{n+},\quad n_{a-} < n_{a+}.$$

In allen Fällen ist die Reihenfolge der Achromate gleichgültig.

Die ersten Anastigmatdoublets.

Was die ersten Konstruktionsangaben der Patentschrift anlangt, so ist in den Formen 1 (s. Fig. 127 und 128) und 3 (s. Fig. 126) noch eine gewisse Anlehnung an den Aplanattypus mit seinen nach aussen konvexen Flächen zu erkennen, Form 2 der Patentschrift (*1.*) (s. Fig. 129) aber zeigt den mit seinem Derivat (s. Fig. 131) später allein verwandten Doublettypus. Schon in der etwas später verfassten, indessen früher publicirten Arbeit (*2.*)

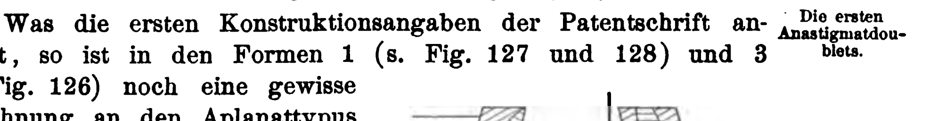


Fig. 126.
P. Rudolph: Altes Anastigmatdoublet. Verlassener Typus. Figur 3 der Patentschrift. Quelle: P. Rudolph. *1.* Reducirt auf $f_D = 100$ mm.

finden wir nur diese beiden Formen behandelt, die für die Herbeiführung anastigmatischer Bildebenung die allein maassgebenden sind.

Was nun die ersten Konstruktionen der Anastigmatdoublets angeht, so lassen sich verschiedene Phasen der Behandlung der Bildfehler erkennen.

a. Die Weitwinkelsysteme.

So zeigen die beiden Weitwinkelsysteme eine deutliche Bevorzugung der Korrektion der schiefen Büschel. Sowohl der Weitwinkelanastigmat aus alten Glasarten nach der Patentschrift, als auch der aus neuen aus der Vorbereitungszeit sind sphärisch nicht

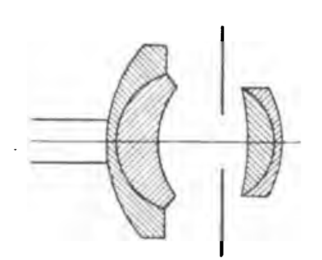


Fig. 127, s. Taf. III.

P. RUDOLPH: Weitwinkel-Anastigmat aus alten Gläsern.
Quelle: P. RUDOLPH. 1. Zeichnung neu konstruirt.
Reducirt auf f_D = mm.
Durchgerechnet für 1 : 17.8 und $\omega = 39°$.
Radien r_ν, Dicken d_ν und Entfernungen b_ν in Millimetern auf der Axe gemessen.

$r_1 = 19.3$
$d_1 = 1.2$
$r_2 = 9.4$
$d_2 = 5.6$
$r_3 = 12.5$
$b_1 = 8.4$
$b_2 = 3.4$
$r_4 = 31.3$
$d_3 = 3.4$
$r_5 = 8.3$
$d_4 = 1.0$
$r_6 = 15.1$

Glasarten n_D.
$L_1 = 1.52421$
$L_2 = 1.59357$
$L_3 = 1.52755$
$L_4 = 1.58205$

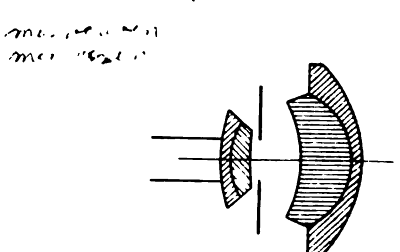


Fig. 128, s. Taf. III.

P. RUDOLPH: Weitwinkel-Anastigmat aus neuen Gläsern.
Quelle: Angaben des Verfassers.
Reducirt auf $f_D = 100$ mm.
Durchgerechnet für 1 : 17.8 und $\omega = 51\frac{1}{2}°$.
Radien r_ν, Dicken d_ν und Entfernnngen b_ν in Millimetern auf der Axe gemessen.

$r_1 = 18.8$
$d_1 = 1.0$
$r_2 = 6.9$
$d_2 = 2.1$
$r_3 = 27.6$
$b_1 = 0.7$
$b_2 = 5.9$
$r_4 = 14.2$
$d_3 = 5.6$
$r_5 = 8.0$
$d_4 = 1.0$
$r_6 = 15.6$

Glasarten n_D.
$L_1 = 1.55247$
$L_2 = 1.51832$
$L_3 = 1.57360$
$L_4 = 1.53984$

Die Zeichnung ist nur annähernd genau.

korrigirt. Bei der mehr oder minder starken Unterkorrektion, die wir in allen Weitwinkelsystemen, selbst dem STEINHEIL'schen, finden, wird man die Zulässigkeit dieser Licenz auch für die RUDOLPH'schen Weitwinkel zugestehen müssen. Dafür ist aber der Zustand der schiefen Büschel ein wesentlich anderer, und in beiden Systemen

war in strengem Sinne Korrektion des Astigmatismus und mehr oder minder vollkommene Ebenung für sehr erhebliche Bildwinkel erreicht.

Es zeigt im einzelnen der Weitwinkel aus alten Gläsern eine sphärische Längenabweichung von — 1.8 mm bei $f_D = 100$ mm, während Aufhebung des Astigmatismus für $\omega = 37^0$ erzielt ist und die Entfernung des so erzielten scharfen Punktes von der idealen Bildebene etwa 2 mm beträgt. Die Bildwölbung im übertragenen Sinne ist zunächst konkav gegen das Objektiv und biegt sich, allmählich konvex werdend, nach hinten. Ihre grösste Abweichung von der in F′ befindlichen Mattscheibe beträgt innerhalb des betrachteten Winkelraumes etwa — 3.5 mm.

Noch günstiger stellt sich infolge der durch das bessere Material gebotenen Erleichterungen der Anastigmat-Weitwinkel aus neuen Gläsern.

Hier sind die sphärischen Abweichungen grösser, nämlich etwa — 2.2 mm für 1 : 17.8 Oeffnung. Doch sehen wir bei den schiefen Büscheln die gleichzeitige Herbeiführung strenger anastigmatischer Bildfeldebenung für den ungeheuren Werth von $\omega = 48^0$; dabei besteht Aufhebung des Astigmatismus noch für die Zone von $\omega = 42^1/_2{}^0$. Die auf Zonenabweichungen zurückzuführenden astigmatischen Differenzen überschreiten nicht die Grösse der beim vorigen Objektiv beobachteten, und die Bildfeldkrümmung erreicht nur einen Betrag von wenig über 2 mm.

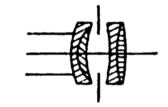


Fig. 130.
P. Rudolph: Moderner Weitwinkel-Anastigmat.
Reducirt auf $f_D = 100$ mm.
Relative Oeffnung 1 : 18.

Hinsichtlich der seitlichen Büschel ist mit diesen Typen wohl den verwöhntesten Ansprüchen Genüge geschehen, und wenn man in der späteren Zeit zu dem Typus von Fig. 130 überging, so geschah das einmal in Rücksicht auf die dort ebenfalls durchgeführte sphärische Korrektion, anderseits aber auch wegen der hier vorliegenden erheblichen Konstruktionsschwierigkeiten.

b. Der lichtstärkere Typus.

Was nun die lichtstärkeren Systeme anbelangt, so war die sphärische Korrektion derselben anders behandelt: In der Axe war für den Rand des Objektivs Korrektion herbeigeführt und bei den schiefen Büscheln war Bildebenung im übertragenen Sinne erreicht.

Das hier gegebene Beispiel ist eine etwas später berechnete aber nicht eingeführte Konstruktion, aus der sich indessen die Bestrebungen P. Rudolph's in der ersten Zeit sehr gut erkennen lassen.

Für die Oeffnung 1 : 7.5 (Fig. 129) ist sphärische Korrektion im strengen Sinne erreicht, und zwar sowohl für Schnitt- als Brennweiten. Der Maximalbetrag der Zonenabweichung beläuft sich auf etwa — 0.7 mm. In der angenäherten Bildfeldebenung finden wir gegenüber früheren Konstruktionen

einen beträchtlichen Fortschritt. Die Ebenung ist für $\omega = 28^0$ erreicht und die astigmatische Differenz beträgt dafür nur etwa 4.5 mm.

Eine gleichzeitige Hebung der SEIDEL'schen Schärfenfehler im strengen Sinne war also in den ersten Typen der Anastigmatdoublets noch nicht erzielt, sondern es waren entweder die Fehler innerhalb oder ausserhalb der Axe einseitig korrigirt, dann aber die noch übrigbleibenden Abweichungen (ausserhalb oder in der Axe) ganz wesentlich reducirt, so dass früheren Konstruktionen gegenüber jedenfalls ein bedeutender Fortschritt erzielt worden war.

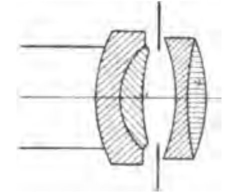


Fig. 129, s. Taf. II.

P. RUDOLPH: Anastigmatdoublet, vierlinsig.
Quelle: Angaben des Verfassers.
Reducirt auf $f_D = 100$ mm.
Durchgerechnet für 1 : 7.5 und $\omega = 29^0$.
Radien r_ν, Dicken d_ν und Entfernungen b_ν in Millimetern auf der Axe gemessen.

$r_1 = 19.1$
$d_1 = 3.3$
$r_2 = 9.0$
$d_2 = 2.9$
$r_3 = 24.1$
$b_1 = b_2 = 2.2$
$r_4 = 20.1$
$d_3 = 1.4$
$r_5 = 36.1$
$d_4 = 2.6$
$r_6 = 20.9$

Glasarten n_D.
$L_1 = 1.60448$
$L_2 = 1.51523$
$L_3 = 1.51469$
$L_4 = 1.60916$

P. RUDOLPH hatte sich indessen mit diesem Erfolg noch nicht begnügt, sondern (*2.*) gezeigt, dass unter Voraussetzung eines ideellen Glases, welches sich nicht allzuweit von den schon geschmolzenen schwersten Baryt-Crowngläsern entfernte, eine vollkommene Korrektion des Astigmatismus gleichzeitig mit einer innerhalb 60^0 Gesichtsfeld nahezu idealen Bildebenung sich herstellen liesse. Bevor wir diese Arbeit verlassen, sei noch hervorgehoben, dass hier P. RUDOLPH zum ersten Male seit der gänzlich in Vergessenheit gerathenen Arbeit R. H. Bow's (*3.*) von 1863 eine Darstellung des Astigmatismus gab. Er wich von seinem Vorgänger insofern ab, als seine Resultate allein durch Rechnung, nicht durch Beobachtung erhalten waren, und dann war (s. S. 45) die Methode der graphischen Darstellung eine andere. Das RUDOLPH'sche Schema ist in dieser Schrift mit geringer Abweichung angenommen und konsequent durchgeführt worden.

Der praktische Erfolg, den diese Konstruktionen hatten, war ein sehr bemerkenswerther. Was so viele hervorragende Optiker vergebens erstrebt hatten, war hier der Vollendung nahegebracht. An Anerkennung im Inlande fehlte es nicht, aber mehr noch das Ausland und besonders Frankreich wusste den errungenen Fortschritt zu würdigen. Es waren zunächst die Doublets mit den relativen Oeffnungen 1 : 7.2, 1 : 12.5 und 1 : 18, welche schon 1890

als Serie III, IV und V eingeführt wurden. Dieselben gehören, wie P. RUDOLPH 1893 gezeigt (4.) hat, *einer* Klasse an, insofern als bei ihnen nicht das damals vorhandene *schwerste Barium-Silikat-Crown* vom Typus O. 202, $n_D = 1.604$ zur Verwendung kam, sondern man sich mit dem Glase O. 211, einem *schweren Barium-Silikat-Crown* von $n_D = 1.5726$ aus Rücksichten der allgemeinen Verwendbarkeit und des billigen Preises begnügte. Erst als im Jahre 1891 ein Glas vom Typus O. 1209, schwerstes Baryt-Crown $n_D = 1.6112$, zur Verfügung stand, konnte man in der Konstruktion der Anastigmatdoublets weiter kommen.

Die zweite vollkommenere Reihe.

P. RUDOLPH nutzte dasselbe zur Berechnung dreier Doppelobjektive aus, welche 1891 mit den Oeffnungsverhältnissen 1 : 4.5, 1 : 6.3, 1 : 9 als Serie I, II, III[a] eingeführt wurden. Die Diskussion dieser Typen, deren Konstruktionsdaten allerdings nicht mitgetheilt wurden, erfolgte in dem mehrfach citirten Nachtrag (4.) von 1893, und es wurde darin gezeigt, dass die wesentlich bessere Korrektion dieser Systeme für schiefe Büschel ihren Grund in der grösseren Höhe der Brechungsexponentendifferenz Schwercrown minus Leichtflint des anormalen Glaspaares habe. Diese betrug nämlich bei der ersten Gruppe von 1890 0.053, bei der zweiten, 1891 eingeführten, 0.090 und bei dem Idealobjektive von 1890 0.121.

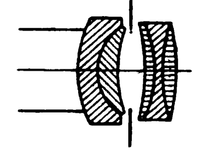


Fig. 131, s. Taf. II.
P. RUDOLPH: Anastigmatdoublet, fünflinsig.
Quelle: Angaben des Verfassers.
Reducirt auf $f_D = 100$ mm.
Durchgerechnet für 1 : 9.4 und $\omega = 38°$.
Radien r_ν, Dicken d_ν und Entfernungen b_ν in Millimetern auf der Axe gemessen.

$r_1 = 15.8$
$d_1 = 2.6$
$r_2 = 7.0$
$d_2 = 2.8$
$r_3 = 16.9$
$b_1 = b_2 = 1.76$
$r_4 = 25.5$
$d_3 = 1.4$
$r_5 = 15.4$
$d_4 = 1.0$
$r_6 = 21.3$
$d_5 = 1.9$
$r_7 = 28.4$

Glasarten n_D.
$L_1 = 1.56226$
$L_2 = 1.51867$
$L_3 = L_5 = 1.61120$
$L_4 = 1.52276$

In seiner Arbeit (4.) hat P. RUDOLPH gezeigt, wie weit die Herbeiführung der Bildebenung im übertragenen Sinne bei Serie II, 1 : 6.3 gelungen war, die in der That einen erheblichen Fortschritt über die Korrektion des vierlinsigen Doublets darstellte, besonders wenn man die erheblich grössere Lichtstärke berücksichtigt.

Für unsere Zwecke einer gemeinfasslichen Darstellung wird uns der letzte Typus dieser fünflinsigen neuen Reihe bessere Dienste leisten, der hierneben in Fig. 131 dargestellt ist.

Dieses Objektiv, dessen Konstruktion jetzt eine Veränderung erfahren hat, war für eine Oeffnung von etwa 1 : 9.8 für Schnitt- und Brennweiten sphärisch strenge korrigirt, wobei ein Zonenbetrag von etwa — 0.6 mm auftrat. Die schiefen Büschel wiesen für den Winkel von $\omega = 35°$ eine ähnliche Vollkommenheit der Korrektion auf, wie der Anastigmatweitwinkel Fig. 128 für einen um 10° grösseren Winkel; die astigmatischen Differenzen waren hier

verschwindend und der Maximalbetrag der Bildfeldkrümmung betrug nur wenig über 1 mm.

Es mag hervorgehoben werden, dass hier zum ersten Male (1891/92) ein Objektiv (Serie III^a, 1:9) konstruirt war, in welchem für ein endlich ausgedehntes Gesichtsfeld von beiläufig etwa 68^0 thatsächlich Korrektion des Astigmatismus und der Bildkrümmung in dem von uns eingeführten Sinne erreicht war. Innerhalb dieses Winkels waren die auf Astigmatismus und Bildkrümmung zurückzuführenden Abweichungen ganz gering — kurz man konnte sagen, dass hier zum ersten Male ein photographisches Objektiv vorlag, in dem für endliche Oeffnungen und gleichzeitig für grosse endliche Neigungen eine strenge Hebung der vier SEIDEL'schen Schärfenfehler erreicht war. Die Hebung der Verzeichnung war wie bei allen Anastigmatdoublets gleichfalls herbeigeführt.

Die geschäftliche Ausnutzung der Erfindung.

Schon oben war von dem sehr grossen Aufsehen die Rede gewesen, welches diese Konstruktionen im In- und Auslande erregten, und zum ersten Male in der Geschichte der photographischen Optik begegnen wir einer weitblickenden geschäftlichen Leitung, welche die Früchte der wissenschaftlichen Arbeit nicht in dem Bereich jedes optischen Freibeuters liess, sondern sie sich durch gültige Patente in *allen* Staaten mit entwickelter optischer Industrie sicherte. Aus Gründen, die mit den Bestimmungen des Patentrechts mancher Länder zusammenhingen, einerseits, anderseits aus dem Wunsche, eine gar zu plötzliche Ausdehnung des Betriebes zu vermeiden, vergab die optische Werkstätte CARL ZEISS das Ausführungsrecht der Anastigmatdoublets an eine Reihe fremder Anstalten. Es waren dies, in alphabetischer Reihenfolge aufgeführt, die folgenden Firmen:

BAUSCH & LOMB, Optical Co. zu Rochester, N. Y.,
KARL FRITSCH, vormals PROKESCH, zu Wien,
F. KORISTKA zu Mailand,
E. KRAUSS & CIE. zu Paris,
ROSS & Co. (jetzt ROSS Ltd) zu London,
E. SUTER zu Basel,
VOIGTLÄNDER & SOHN (jetzt VOIGTLÄNDER & SOHN, Aktiengesellschaft) zu Braunschweig.

Bis auf die beiden letztaufgeführten betreiben diese Anstalten die Fabrikation der RUDOLPH'schen Konstruktionen auch heutigen Tages noch. Diese Licenzen wurden in den ersten Jahren unmittelbar nach Ertheilung der Anastigmatpatente in den verschiedenen Ländern vergeben, also in den Jahren 1890 bis 1892.

Die Ergänzung der zweiten Serienreihe durch Serie IIª.

Die Reihe der vervollkommneten Doublets erfuhr dann im Jahre 1893 noch eine Erweiterung durch ein Objektiv der relativen Oeffnung 1 : 8, welches als Serie IIª eingeführt worden ist. Da inzwischen in Konkurrenzanstalten neue Objektive entstanden waren, die wenn auch mit vermehrten Mitteln Besseres leisteten, konnte das lichtstärkste Objektiv der ersten Serienreihe mit 1 : 7.2 Oeffnung nicht der einzige Repräsentant eines Anastigmatdoublets mittlerer Oeffnung bleiben. Der schon besprochene fünflinsige Typus der zweiten Serienreihe erlaubte eine sehr vortheilhafte Modifikation, die in der Serie IIª 1 : 8 verwirklicht wurde.

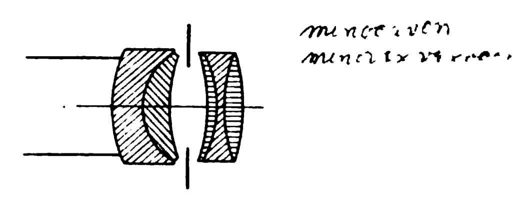


Fig. 132, s. Taf. II.
P. Rudolph: Anastigmatdoublet. Letzte Form 1893.
Quelle: Angaben des Verfassers.
Reducirt auf $f_D = 100$ mm.
Durchgerechnet für 1 : 7.8 und $\omega = 28^1/_2{}^0$
Radien r_ν, Dicken d_ν und Entfernungen b_ν in Millimetern auf der Axe gemessen.

$r_1 = 13.0$
$d_1 = 4.5$
$r_2 = 8.4$
$d_2 = 3.2$
$r_3 = 20.1$
$b_1 = b_2 = 2.46$
$r_4 = 23.0$
$d_3 = 1.4$
$r_5 = 15.2$
$d_4 = 1.0$
$r_6 = 21.9$
$d_5 = 2.5$
$r_7 = 25.6$

Glasarten n_D.
$L_1 = 1.60644$
$L_2 = 1.51750$
$L_3 = L_5 = 1.60925$
$L_4 = 1.51338$

Das Resultat, zu dem P. Rudolph gelangte, kann als ein Muster dafür angesehen werden, was sich mit dem Typus des Anastigmatdoublets erreichen lässt, wenn man sich darauf beschränkt, die Ebenung für ein kleineres Gesichtsfeld herbeizuführen. Weder in der sphärischen Korrektion, hinsichtlich der Grösse der Zonen oder der Erfüllung der Sinusbedingung, noch in der anastigmatischen Bildebenung lässt sich mit symmetrischen Doubletkonstruktionen wesentlich Günstigeres erreichen.

Vollständige Hebung ist für die sphärischen Aberrationen im engeren Sinne und für die Abweichung der Brennweiten der Randstrahlen von der Konstanz gleichzeitig für eine Oeffnung von etwa 1 : 8.1 erreicht, während der grösste Betrag der durch die Zonen bedingten Tiefenaberration etwa — 0.68 mm beträgt. Was die Ebenung anlangt, so finden die meridionalen Büschel ihre Vereinigung strenge in einer Ebene, während die maximale Verschiebung der Mattscheibe, welche die Abweichung der sagittalen Büschel erfordert, ungefähr 0.5 mm beträgt.

Die Würdigung des Anastigmatprincips.

Die wissenschaftliche Würdigung der besprochenen Publikationen und des durch die neuen Konstruktionen erzielten Fortschritts blieb bei dem niedrigen Niveau der meisten die photographische Optik behandelnden Publikationen dieser Zeit vollständig aus.

Es lässt sich aber an manchen Stellen das Bestreben nicht verkennen, das Verdienst an der Anastigmatkonstruktion durch kleine Bemerkungen zu schmälern, wonach an der ganzen Sache

eigentlich nichts Neues gewesen sei. Ganz verfehlte Bemühungen werden gemacht, aus der äusseren Form der Anastigmatdoublets heraus eine Abhängigkeit von früheren Konstruktionen zu erweisen, und von anderen Seiten wird häufig A. Steinheil's Antiplanetkonstruktion als ein Beweismittel vorgeführt. Schon oben, S. 311, war Gelegenheit genommen, auf die Beziehungen zwischen beiden Typen zu sprechen zu kommen, so dass wir diese Frage hier auf sich beruhen lassen können. Es sei nur hervorgehoben, dass A. Steinheil selbst von diesem Standpunkte aus nirgendwo etwas veröffentlicht hat.

Welche Stellung man aber auch einnimmt, es bleibt bestehen, dass allen rechnenden Optikern die Möglichkeit seit der Veröffentlichung des Jenaer Glaskatalogs um 1886 offen stand, eine gleich erfolgreiche Anwendung der neuen Glasarten zu machen. Sie gelang aber Anderen trotz vieler Versuche nicht, und so reiht sich die Bekrittelung des hier geschilderten Fortschritts der retrospektiven Kritik würdig an die Seite, mit der einst das Ei des Kolumbus betrachtet wurde.

b. P. Rudolph's Ausbau der Einzellinse und des Satzes und die Ausbildung holosymmetrischer Anastigmate durch E. von Höegh, R. Steinheil und D. Kaempfer.

Die astigmatische Korrektion der Einzellinse 1891.

Gleichzeitig mit der Aufstellung der neuen Serienreihe I, II, III[a] richtete P. Rudolph sein Augenmerk auf die Verbesserung der Satzobjektive, indem er sein anastigmatisches Princip der gegensätzlichen Abstufung der Brechungsexponenten auf das Element der Sätze, die Einzellinse, anwandte. Es ist von ihm selbst in Katalogen der Firma Carl Zeiss angegeben, dass seine hierauf bezüglichen Rechnungen im November*) 1891 beendet waren, und dass gegen Ende desselben Jahres schon Probeausführungen vorlagen.

Die praktische Bedeutung einer solchen Einzellinse für die Zusammenstellung sehr vollkommener Sätze wollen wir später würdigen; jetzt wird es unsere Aufgabe sein, den Weg anzugeben, auf dem man eine Reihe verschiedener Typen astigmatisch korrigirbarer Einzellinsen aus dem Rudolph'schen Princip ableiten kann. Selbstverständlich liegt es mir vollkommen fern, hier patentrechtliche Fragen anzuschneiden, es handelt sich an diesem Orte einzig

*) Die Angabe September in seinem Artikel (7.) ist auf einen Druckfehler zurückzuführen.

und allein um eine theoretische Entwickelung *a posteriori*. Dieselbe ist entstanden durch die Fortentwickelung einer Idee, die P. RUDOLPH an der angegebenen Stelle (*7.*) ausgesprochen hat.

Theoretische Entwickelung astigmatisch korrigirbarer Einzellinsen aus einem Anastigmatdoublet.

Wir hatten oben den wichtigsten Fall des anastigmatischen Princips, die Gegenüberstellung eines Alt- und eines Neuachromaten, beide von positiver Brennweite, auf die analytische Form gebracht:

$$n_{n-} > n_{n+}; \quad n_{a-} < n_{a+} \quad \textit{Reihenfolge der Glieder gleichgültig}$$

und später gesehen, dass von P. RUDOLPH als günstigster Typus die einfache Form erkannt war, die sich in Fig. 129 dargestellt findet.

Stellt man sich also die Aufgabe, unter Benutzung des anastigmatischen Princips und unter Zugrundelegung des günstigsten Typus eines möglichst einfachen Doublets eine verkittete Landschaftslinse zu konstruiren, so ergiebt es sich als das Nächstliegende, *eine* Glassorte in beiden Einzelgliedern wiederkehren zu lassen. Die freien Aussenflächen dieses Glases müssen dann gleiche, aber entgegengesetzt gerichtete Krümmungen erhalten, wozu unter Umständen eine Durchbiegung der Linsen in dem S. 59 eingeführten Sinne nothwendig ist. Kehrt man alsdann einen Achromaten um, und verkittet die beiden in einander passenden Flächen, so hat man eine aus drei Glasarten bestehende Einzellinse, in der die Elemente zur Korrektion der ersten vier Bildfehler in mehr oder minder hohem Grade vorhanden sind. Diese Darstellung ist übrigens in dem LUMMER'schen Werk (*1. 770.*) auch schon wenigstens berührt worden.

Dabei ist aber auf Folgendes zu achten: Beim einfachsten, als günstig erkannten Doubletschema P. RUDOLPH's war hinsichtlich des Altachromaten die alte Erfahrung bestätigt, dass die sphärischen Aberrationen in einem aus zwei Glasarten verkitteten System eine gegen das höher brechende Medium *konvexe* Kittfläche zu ihrer Hebung erfordern. In dem für die Korrektion des Astigmatismus wesentlichen Gliede war in der kanonischen Doubletform nicht nur die Kittfläche gegen das höher brechende Medium *konkav* — das war sie auch schon in der für immer verlassenen Form, Fig. 128, gewesen — sondern sie wandte auch dem Centrum der Hauptstrahlen, d. h. der Blendenmitte ihre *konvexe* Seite zu. Man wird also *a priori* folgern können, dass sich diejenigen Formen der Einzellinse am günstigsten hinsichtlich der Hebung von sphärischer Aberration und der der Fehler schiefer Büschel verhalten werden, die nur solche Durchbiegungen der einzelnen Achromate erfordern, dass jene günstigen Bedingungen nicht geändert werden. Ferner sei daran erinnert, dass schon nach W. H. WOLLASTON's Beobachtung der nach der Blende hohle Meniskus die günstigste Form der Einzellinse sei, die erste Fläche also konkav sein muss, sowie schliesslich auch daran, dass die Achromatisirung einer Sammellinse nur dann möglich ist, wenn die relative Dispersion $\frac{1}{\nu}$ des sammelnden Bestandtheils kleiner ist, als die des zerstreuenden.

Um alle möglichen Fälle zu erschöpfen, wollen wir ganz systematisch vorgehen. Die drei Glasarten seien dem Werthe ihres Brechungsexponenten n_D entsprechend bezeichnet mit N = niedrig, M = mittel und H = hoch; alsdann ist die Wahl noch frei, welches Glas in jedem der beiden Achromate vorkommen soll. Die drei möglichen Fälle sind die folgenden:

1. Die niedrigbrechende Glasart N 2. Die mittelbrechende Glasart M 3. Die hochbrechende Glasart H	komme in jedem der beiden Achromate vor.

Die relativen Dispersionen dieser drei Glasarten wollen wir entsprechend unserm sonstigen Gebrauche durch ihre reciproken Zahlen, die $\bar{\nu}$-Werthe, charakterisiren und dieselben durch Anhängung der betreffenden Indices, also durch $\bar{\nu}_N$, $\bar{\nu}_M$, $\bar{\nu}_H$, kenntlich machen. Die kanonische Form des Doublets sei endlich die der Fig. 129, und die Brechungsexponenten der einzelnen Linsen seien stets in der dort dargestellten Reihenfolge: Flint, Alt-Crown, Flint, Neu-Crown aufgeführt.

Alsdann führt die 1. Forderung:

1. ***Die niedrigbrechende Glasart komme in jedem der beiden Achromate vor*** unter Berücksichtigung der Ungleichungen $n_{n-} > n_{n+}$; $n_{a-} < n_{a+}$ zu dem Ansatz

$$n_{n+} = n_{a-} = N;$$

und wir erhalten die beiden Unterfälle $\left.\begin{matrix} M \\ H \end{matrix}\right\} = \left\{\begin{matrix} n_{n-} \\ n_{a+} \end{matrix}\right.$.

a) Es sei $M = n_{n-}$; $H = n_{a+}$, so erhalten wir die Reihenfolge der Gläser in dem Doublet zu M,N; N, H und weiter $\bar{\nu}_M < \bar{\nu}_N < \bar{\nu}_H$. Da eine Vereinigung ohne Durchbiegung eines Theils unmöglich ist, denn beide freien Flächen von N sind konkav, so lassen wir

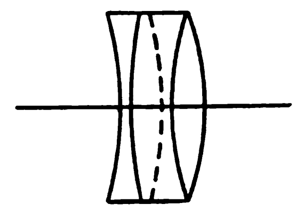


Fig. 133.
Schematische Herleitung einer astigmatisch korrigirbaren Einzellinse aus dem einfachsten Anastigmatdoublet.

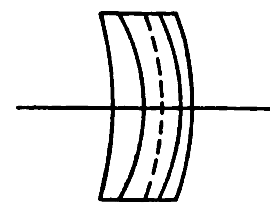


Fig. 134.
Schematische Herleitung einer astigmatisch korrigirbaren Einzellinse aus dem einfachsten Anastigmatdoublet.

α) den Neuachromaten ungeändert, biegen also den Altachromaten durch und erhalten den Typus $\overset{-}{M}\overset{\pm}{N}\overset{+}{H}$ und das Schema Fig. 133.

Dabei deutet das Zeichen $\pm$ die Zusammensetzung aus zwei Linsen verschiedenen Zeichens an; das endgültige Vorzeichen der mittleren Linse ist nach Annahme bestimmter Glasarten für N, M, H leicht zu bestimmen. Die Krümmung der Fläche zwischen M und N kann, wie im vorliegenden Falle angenommen, ihr Zeichen geändert haben.

β) Wir biegen den Neuachromaten durch und verändern die Reihenfolge der beiden Achromate, so ergiebt sich der Typus $\overset{+}{H}\overset{\mp}{N}\overset{-}{M}$ und das Schema Fig. 134.

Hier muss infolge der hohlen Aussenfläche die Kittfläche des Neuachromaten ihre konkave Seite gegen die Blendenmitte kehren.

b) Gehen wir auf die andere Möglichkeit zurück, so ergiebt sich ferner $H = n_{n-}$; $M = n_{a+}$, und wir erhalten als Reihenfolge der Glieder in dem kanonischen Doublet; H, N; N, M und weiter $\bar{\nu}_H < \bar{\nu}_N < \bar{\nu}_M$.

α) Auch hier biegen wir zuerst den Altachromaten durch und erhalten (das Schema sei mit Fig. 133 identisch) $\overset{-}{H}\,\overset{\pm}{N}\,\overset{+}{M}$ eventuell mit Aenderung des Wölbungssinnes der ersten Kittfläche oder

(das Schema sei mit Fig. 134 identisch) $\overset{+}{M}\,\overset{\mp}{N}\,\overset{-}{H}$ wo wiederum die Lage der Kittfläche im Neuachromaten infolge der Durchbiegung desselben ungünstig werden muss.

Die zweite Forderung lautete:

2. *Die mittelbrechende Glasart komme in jedem der beiden Achromate vor.* Sie ergiebt unter Berücksichtigung der beiden Ungleichungen die beiden Möglichkeiten:

$$\left.\begin{array}{l} n_{n-} = n_{a-} \\ n_{n+} = n_{a+} \end{array}\right\} = M.$$

a) Es sei nun zunächst $M = n_{n-} = n_{a-}$, so erhalten wir als Reihenfolge der Gläser in dem Doublet M, N; M, H und ferner $\bar{\nu}_N > \bar{\nu}_M < \bar{\nu}_H$.

α) Es folgt ohne wesentliche Durchbiegung der Typus $\overset{+}{N}\,\overset{-}{M}\,\overset{+}{H}$, Fig. 135, und wir bemerken, dass beide Flächen gegen vorher keine Verschlechterung erfahren haben.

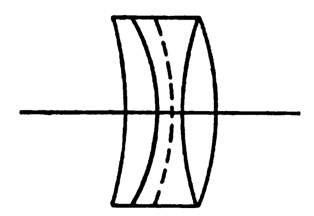


Fig. 135.
Schematische Herleitung einer astigmatisch korrigirbaren Einzellinse aus dem einfachsten Anastigmatdoublet.

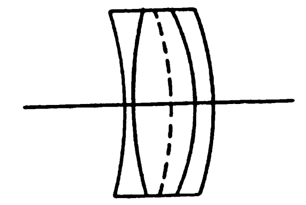


Fig. 136.
Schematische Herleitung einer astigmatisch korrigirbaren Einzellinse aus dem einfachsten Anastigmatdoublet.

β) Biegt man dagegen beide Achromate durch, um eine Umstellung beider Glieder vornehmen zu können, so erhält man (das Schema sei mit Fig. 135 identisch) $\overset{+}{H}\,\overset{-}{M}\,\overset{+}{N}$, einen hinsichtlich der Krümmung der Kittfläche des Neuachromaten sehr ungünstigen Typus.

b) Ferner sei $M = n_{n+} = n_{a+}$, so stellt sich die Reihenfolge der Gläser im kanonischen Objektiv auf H, M; N, M und weiter $\bar{\nu}_H < \bar{\nu}_M > \bar{\nu}_N$. Ganz wie in dem eben besprochenen Falle erhalten wir

α) Ganz ohne Durchbiegung wesentlicher Art den Typus $\overset{-}{N}\,\overset{+}{M}\,\overset{-}{H}$, Fig. 136. wiederum hinsichtlich der Krümmungen der Kittflächen wesentlich günstig und

β) Nach Durchbiegung beider Achromate den ungünstigen Typus (das Schema sei mit Fig. 136 identisch) $\overset{-}{\mathrm{H}}\,\overset{+}{\mathrm{M}}\,\overset{-}{\mathrm{N}}$.

Die dritte Forderung lautet:

3. ***Die hochbrechende Glasart komme in den beiden Achromaten vor.*** Sie führt unter Berücksichtigung der beiden Ungleichungen auf die Gleichung $n_{n-} = n_{a+} = H$ und dann zu den beiden Unterfällen $\left.\begin{matrix} M \\ N \end{matrix}\right\} = \left\{\begin{matrix} n_{n+} \\ n_{a-} \end{matrix}\right.$.

a) Es sei $M = n_{n+}$, $N = n_{a-}$, so ergiebt sich für das zu Grunde gelegte Doublet die Glasfolge H, M; N, H und $\bar{\nu}_M > \bar{\nu}_H > \bar{\nu}_N$. Aehnlich wie in dem unter 1. behandelten Falle ist hier eine Vereinigung ohne wesentliche Durchbiegung eines Theiles unmöglich, und es ergiebt sich:

α) nach Durchbiegung des Altachromaten:

(das Schema sei mit Fig. 133 identisch) $\overset{-}{\mathrm{N}}\,\overset{\pm}{\mathrm{H}}\,\overset{+}{\mathrm{M}}$ event. mit Krümmungs-Aenderung für dessen Kittfläche,

β) nach Durchbiegung des Neuachromaten:

(das Schema sei mit Fig. 134 identisch) $\overset{+}{\mathrm{M}}\,\overset{\mp}{\mathrm{H}}\,\overset{-}{\mathrm{N}}$ wobei die Aenderung der zweiten Kittfläche eine solche im ungünstigen Sinne ist.

b) Es sei $M = n_{a-}$, $N = n_{n+}$, so wird die Glasfolge im einfachen Doppelobjektiv H, N; M, H und $\bar{\nu}_N > \bar{\nu}_H > \bar{\nu}_M$, woraus sich die beiden Fälle entwickeln:

α) (das Schema sei mit Fig. 133 identisch) $\overset{-}{\mathrm{M}}\,\overset{\pm}{\mathrm{H}}\,\overset{+}{\mathrm{N}}$ bei Durchbiegung des Altachromaten,

β) (das Schema sei mit Fig. 134 identisch) $\overset{+}{\mathrm{N}}\,\overset{\mp}{\mathrm{H}}\,\overset{-}{\mathrm{M}}$ bei Durchbiegung des Neuachromaten.

Wir bemerken zu dieser Herleitung, dass sich der Krümmungssinn schwach gekrümmter Flächen, bei geeigneter Glaswahl auch ändern kann, was aber bestehen bleiben muss ist das Vorzeichen der Brennweite der Einzellinsen des Doublets und ihre Anordnung. Ferner ist unter Berücksichtigung des Begriffs *Durchbiegen* klar, dass die hier betrachtete, aus dem sammelnden Doublet abgeleitete Einzellinse in jedem Falle eine positive Brennweite haben muss. Das schliesst natürlich die Möglichkeit nicht aus, nach einzelnen der vorgeführten Typen auch Einzellinsen mit anastigmatischer Bildebenung aber negativer Brennweite zu konstruiren. Selbstverständlich ergiebt unser Schema nur den allgemeinen Typus hinsichtlich der Anordnung der Gläser, über die Dicken kann man noch frei verfügen, und es kann der Fall eintreten, dass man bei der fertigen Einzellinse die Trennungsfläche nicht mehr ganz konstruiren kann, weil die Mittellinse eine zu geringe Dicke hat.

Die Ableitung der Mittenzwei'schen Konstruktionen.

Bevor wir zu unserer historischen Schilderung zurückkehren, wollen wir noch auf einzelne Modifikationen eines anderen Typus des Anastigmatdoublets hinweisen, weil dieselben ein historisches Interesse haben. Natürlich würde man auch für diese Form eine ähnlich eingehende Analysirung vornehmen können, doch würde die praktische Bedeutung eine solche Ausführlichkeit nicht rechtfertigen; wir beschränken uns daher darauf, nur zwei verschiedene Glasarten als vorkommend vorauszusetzen. Lässt man also die gegensätzliche

Abstufung der Brechungsexponenten in zwei Altachromaten in Erscheinung treten, so erhält man das Schema: $\overset{-}{(n_{n-} < n_{n+})}$, $\overset{+}{(n_{n+} < n_{n-})}$, oder, was damit dentisch ist: $\overset{-}{(Cr_{-}, Fl_{+})}$, $\overset{+}{(Cr_{+}, Fl_{-})}$, und es ist die entsprechende Doubletform etwa die der Fig. 127.

Je nachdem man nun den ersten oder den letzten Achromaten an die letzte Stelle bringt, erhält man entweder $\overset{+}{Cr}\,\overset{\mp}{Fl}\,\overset{-}{Cr}$ oder $\overset{+}{Fl}\,\overset{\mp}{Cr}\,\overset{-}{Fl}$, wobei aus den Dispersionsverhältnissen der alten Glasarten folgt, dass die Achromatisirung nur dann möglich ist, wenn im ersten Falle die Mittellinse negative, im zweiten positive Brennweite hat.

Wie man ohne weiteres erkennt, sind diese beiden Typen schon S. 343 vorgekommen; sie wurden 1883 M. Mittenzwei patentirt.

Durch einen passend gewählten Radius lässt sich Typus I in zwei angenähert achromatisirte Menisken zerlegen, von denen der blendennahe eine etwas kürzere positive Brennweite hat, als das Gesammtobjektiv, während der blendenferne eine sehr lange negative Brennweite besitzt, und in ihm sammelt die Flintlinse, die Crownlinse aber zerstreut.

Typus II erfordert nur eine sehr schwach gekrümmte Trennungsfläche; hier wirkt der blendennahe, angenähert achromatisirte Meniskus schwach zerstreuend, der blendenferne wieder stärker sammelnd als das Gesammtsystem, und auch hier können wir die gegensätzliche Abstufung der Brechungsexponenten erkennen.

Dass thatsächlich M. Mittenzwei den Gedanken der gegensätzlichen Abstufung der Brechungsexponenten in der Einzellinse durchführte, ist also sicher, von einer klaren Erkenntniss dieses Princips wird man aber nicht reden können. Was er für wesentlich ansah, die Sammelwirkung der der Blende zunächst stehenden Einzellinse, die Zertreuungswirkung der entfernten, die völlige oder doch angenäherte Identität der äusseren Glasarten sind thatsächlich nur Einzelheiten der Konstruktion, wenn man seine Linsen durch Specialisirung aus dem Rudolph'schen Anastigmatdoublet herleitet.

Auch M. Mittenzwei liefert uns wieder ein Beispiel dafür, dass die Erfindung des Anastigmaten doch nicht so einfach war oder gleichsam in der Luft lag, denn auch dieser klare und originelle Kopf hat, soweit wir wissen, keinerlei Versuche gemacht, die neuen Glasarten, die er doch zu einer Reihe von Rechnungen verwandte, zur Verbesserung seiner hier besprochenen Einzellinsen zu verwerthen.

Die Rudolph'schen Einzellinsen.

Kehren wir nun zu den von P. Rudolph (*6.*) berechneten Einzellinsen zurück, deren Typen später von dem englischen Patentamt veröffentlicht worden sind.

Der zeitlich frühere Typus — dort an zweiter Stelle beschrieben — fällt in unserem Schema unter 2 aα, er enthält

ein gewöhnliches Silikat-Crown mit $N = 1.52246$ und $\bar{\nu}_N = 46.4$,
ein Baryt-Leichtflint von $M = 1.56724$ und $\bar{\nu}_M = 41.5$
und ein Schwerstes Baryt-Crown $H = 1.6112$ und $\bar{\nu}_H = 44.8$.

Es ist bemerkenswerth, dass uns hier zum ersten Mal wieder seit Th. Grubb's Zeiten eine Landschaftslinse von neuem Typus entgegentritt, die den Anspruch sphärischer Korrektion in strengem Sinne erhebt. Die Sinusbedingung ist aber auch erfüllt. Die Zonenbeträge sind beträchtlich, etwa — 1.1 mm bei einer Oeffnung von etwa 1 : 12.5, bei der sphärische Korrektion im strengen Sinne herbeigeführt wäre; indessen muss man diesen Zustand mit dem der sphärischen Korrektion der übrigen Einzellinsen vergleichen, die sämmtlich mehr oder minder beträchtliche Unterkorrektion aufweisen. Erst dann wird man den hier nach dieser Richtung erreichten Fortschritt zu würdigen vermögen. Allerdings ist hier noch M. Mittenzwei's zu gedenken, der, wie wir S. 342 sahen, 1883 bestrebt war, eine sphärisch korrigirte Einzellinse herauszubringen.

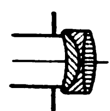


Fig. 137, s. Taf. IV.

P. Rudolph: Anastigmat-Satzlinse.
Quelle: P. Rudolph. *1.*
Reducirt auf $f_D = 100$ mm.
Durchgerechnet für 1 : 14.4 und $\omega = 34^0$.
Radien r_ν, Dicken d_ν und Entfernungen b_ν in Millimetern auf der Axe gemessen.

$b_1 = 1.0$
$r_1 = 14.2$
$d_1 = 1.7$
$r_2 = 5.5$
$d_2 = 0.5$
$r_3 = 20.7$
$d_3 = 1.4$
$r_4 = 12.6$

Glasarten n_D.
$L_1 = 1.52246$
$L_2 = 1.56724$ [1])
$L_3 = 1.61120$

[1]) Druckfehler im B. J. verbessert.

Die Korrektion schiefer Büschel ist ganz ausserordentlich gebessert, indem die astigmatischen Differenzen auf kleine Beträge zusammengeschrumpft sind; dieselben betragen bei 34° Neigung, wo Bildebenung im übertragenen Sinne besteht, nur etwa 4.8 mm.

Der spätere, die äussere Form der Fig. 136 zeigende Typus lässt sich unter keinen der oben aufgeführten Fälle bringen, denn die beiden durch Zerschneidung gebildeten Achromate bestehen aus normalen Glaspaaren, nur hat der eine, der Blende nächste Achromat eine negative Brennweite von etwa doppeltem Betrage der positiven des blendenfernen. Das entsprechende Doublet würde also unter die zweite Gruppe der Patentschrift fallen. Die Glasarten sind:

Weiches Silikat-Crown	$N = 1.5151$,	$\bar{\nu}_N = 44.3$,
Baryt-Leichtflint	$M = 1.5718$,	$\bar{\nu}_M = 39.1$
und Baryt-Flint	$H = 1.6235$,	$\bar{\nu}_H = 29.6$.

Sein Korrektionszustand ist entschieden, besonders in Rücksicht auf den Astigmatismus, ungünstiger als der der früheren Konstruktion, und man hat infolgedessen von einer Einführung desselben Abstand genommen.

Die Erfindung der Einzellinsen blieb aber zunächst ohne weitere Folgen, denn P. Rudolph erachtete, wie er selbst sagt, die Einführung der neuen Doublets mit den Oeffnungsverhältnissen 1 : 4.5, 1 : 6.3 und 1 : 9 für wichtiger, und die Jenaer Anstalt war durch die daraus erwachsende Arbeit vollkommen in Anspruch genommen.

Der Doppel-Anastigmat E. von Högh's.

Da machte im Mai des Jahres 1893 ein Vortrag Aufsehen, welchen Emil von Höegh (1.) im Berliner Verein zur Förderung der Photographie über ein neues astigmatisch korrigirtes Objektiv hielt.

Ueber E. von Höegh's Leben ist mir verhältnissmässig wenig bekannt: Er tritt uns 1886*) mit einer Arbeit aus dem Gebiete der Fernrohroptik über sphärische Korrektion entgegen, beschäftigt sich ferner mit photographischen Objektiven in der optischen Werkstätte von Paul Wächter in Friedenau, bei dem er noch im Herbst 1891**) gewesen zu sein scheint, und tritt dann, wahrscheinlich bald nach C. Moser's Tode, in die Dienste der optischen Anstalt von C. P. Goerz in Friedenau.

E. von Höegh's Vortrag und Patentschrift 74437.

Gehen wir zu genauerer Besprechung des Vortrages (1.) und der Patentschrift (2.) über, so sind beide eingeleitet durch einen historischen Rückblick, in dem der Bestrebungen von A. Miethe und P. Rudolph gedacht wird. Der Weg, den E. von Höegh einschlägt, ist der, dass er ein Doppelobjektiv konstruirt, dessen aus drei Linsen verkittete Einzelbestandtheile für sich sphärisch, chromatisch und astigmatisch korrigirt sind. Solcher Einzellinsen ergeben sich ihm zwei Typen, in deren einem eine Sammellinse mittlerer Brechung von einer niederen und einer hochbrechenden Zerstreuungslinse eingeschlossen wird, während in dem anderen die mittelbrechende Mittellinse negative Brennweite hat und von einem Sammelmeniskus schwacher Brechung und einer hochbrechenden Bikonvexlinse umgeben wird. Der letzte der beiden Typen hat sich als besonders günstig erwiesen und dient zur Bildung des im allgemeinen symmetrischen Objektivs. Charakteristisch ist „die Zusammen„setzung der für sich sphärisch, chromatisch und astigmatisch korrigirten „Einzelsysteme aus je drei Linsen in der beschriebenen Abstufung in den „Brechungsindices des angewandten Glasmaterials".

Es sei noch erwähnt, dass in der Patentschrift die Daten für ein Exemplar der Einzellinse des zweiten Typus angegeben sind; es finden sich auch die Rechnungsresultate für drei axenparallele Strahlen verschiedener Einfallshöhe und für zwei verschiedene Farben zum Zwecke der Demonstration der chromatischen Differenz der sphärischen Aberration.

Stellung zum Anastigmat-Doublet.

Versuchen wir jetzt, das Objektiv in seiner Stellung zum Rudolph'schen Princip zu charakterisiren, so finden wir die genauer behandelte Form als 2*aa* in unserem Schema wieder, denn die gewählten Glasarten sind die folgenden:

Weiches Silikat-Crown	$N = 1.51497;$	$\bar{\nu}_N = 44.2,$
Baryt-Leichtflint	$M = 1.56804;$	$\bar{\nu}_M = 41.2,$
Schweres Barium-Silikat-Crown	$H = 1.61310;$	$\bar{\nu}_H = 44.7.$

*) Ich habe während der Drucklegung von Herrn S. Czapski noch in Erfahrung gebracht, dass er zu jener Zeit nach einer bei C. Bamberg als Mechaniker verbrachten Lehrzeit von der Firma Hartmann & Braun in Bockenheim beschäftigt wurde. Vorübergehend war er bei der Allgemeinen Elektricitäts-Gesellschaft in Berlin in Stellung und arbeitete seit Anfang 1891 für P. Wächter.

**) Ph. M. 1891/92. 28. 209.

Zerlegt man das Einzelglied des Doppelastigmaten zweiter Form durch eine passend gekrümmte*) Fläche in zwei achromatisirte Theilsysteme, so erhält der Altachromat, welcher der Blende nahe steht, eine grössere positive Brennweite als der entferntere Neuachromat.

Die andere Form könnte unter das Schema 2b α: $\overset{-}{N}\overset{+}{M}\overset{-}{H}$; $\bar{\nu}_H < \bar{\nu}_M > \bar{\nu}_N$ fallen, doch auch den RUDOLPH'schen Typus umfassen, es sind indessen keine Glasdaten angegeben, an denen man die Verifikation vornehmen könnte. Hinsichtlich der besonders günstigen Form der Typen 2a α und 2b α für sphärische und astigmatische Korrektion haben wir unsere Bemerkungen schon oben gemacht.

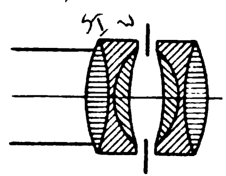


Fig. 138, s. Taf. II.

E. VON HÖEGH: Doppel-Anastigmat.
Quelle: E. VON HÖEGH. *2.*
Reducirt auf $f_D = 100$ mm.
Durchgerechnet für 1 : 8.0 und $\omega = 36^0$.
Radien r_ν, Dicken d_ν und Entfernungen b_ν in Millimetern auf der Axe gemessen.

$r_1 = r_8 = 19.1$
$d_1 = d_6 = 3.1$
$r_2 = r_7 = 22.7$
$d_2 = d_5 = 0.8$
$r_3 = r_6 = 8.3$
$d_3 = d_4 = 1.9$
$r_4 = r_5 = 20.5$
$b_1 = b_2 = 2.3$

Glasarten n_D.
$L_1 = L_6 = 1.61310$
$L_2 = L_5 = 1.56804$
$L_3 = L_4 = 1.51497$

Die Ergebnisse der Durchrechnung des Doppelanastigmaten sind die folgenden:

Die sphärische Korrektion ist für eine Oeffnung von etwa 1 : 7.8 vollständig erreicht, die Zonengrösse beträgt nicht ganz — 1.0 mm. Hinsichtlich der schiefen Büschel finden wir strenge Korrektion des Astigmatismus für $\omega = 30^0$ und eine sehr geringe Abweichung von der Bildebenung.

Es ist mir wohl bekannt, dass E. VON HÖEGH (*4.*) an mehreren Stellen astigmatische Kurven für einen verbesserten Doppelanastigmaten veröffentlicht hat, in welchem eine noch bessere Anschmiegung derselben an die Bildebene erreicht ist. Ich würde gern diesen Typus in der Zusammenstellung aufgeführt haben. hätte ich an der angegebenen Stelle irgend welche Daten entdecken und unter Benutzung derselben auch die sphärische Korrektion feststellen können.

Die Priorität P. RUDOLPH's.

Es ist durchaus verständlich, dass die erste Kunde von der Patentanmeldung des Doppel-Anastigmaten P. RUDOLPH veranlasste, seine Einzellinsen, deren Identität mit den Typen E. VON HÖEGH's

---

*) P. RUDOLPH (*7.*) hatte 1893 als zerschneidende Fläche eine Ebene verwandt in der Absicht, theoretische Darlegungen vor einem der photographischen Optik ungewohnten Publikum möglichst einfach zu gestalten. E. VON HÖEGH (*3.*) hat gegen diese Zerschneidung Einspruch erhoben. Ich bemerke dazu, dass die RUDOLPH'schen Darlegungen rein schematisch gehalten waren, und dass es darin allein auf die Zerlegung an sich nicht auf die specielle Form der trennenden Fläche ankam. Die formelle Berechtigung einer solchen Zerlegung scheint mir E. VON HÖEGH (*3.*) auch nicht in Abrede zu stellen.

auf Grund dieser blossen Kunde noch nicht feststand, in den verschiedenen Staaten zur Patentirung einzureichen. Nach deutschem Patentrecht musste seine Anmeldung zurückgewiesen werden, dagegen blieb ihm das Vorbenutzungsrecht erhalten, und die 1891 gefundene Konstruktion wurde als Serie VI mit der relativen Oeffnung 1 : 14.5 ausgeführt, worauf wir später zu sprechen kommen werden. Im englischen Patentamt aber langte die RUDOLPH'sche Anmeldung (*6.*) am 22. April 1893, also früher an, als die eingehende Beschreibung des Doppel-Anastigmaten, die am 2. Juni eingereicht wurde, ja früher, als die Anmeldung des Doppel-Anastigmaten in Deutschland zur Auslage kam, was nach R. STEINHEIL (*4.*) am 5. Mai geschah. Wir können uns also zusammenfassend dahin äussern, dass die astigmatisch korrigirte Einzellinse vom Typus 2 a α unabhängig von P. RUDOLPH Ende 1891 und von E. VON HÖEGH Ende 1892 erfunden wurde, und dass die in das Einzelne gehenden Konstruktionsdaten des ersteren auch zuerst — durch das englische Patentamt — dem Druck übergeben wurden.

So übereinstimmend diese Konstruktionen im Princip auch waren, so war doch ihre Benutzung bei den beiden Erfindern eine verschiedene. Denn während P. RUDOLPH sein Augenmerk auf eine besonders gute Korrektion der *Einzel*linsen gerichtet hatte, strebte E. VON HÖEGH dahin, eine Steigerung der Leistung des *Doppel*objektivs zu erzielen. Bei einer Vergleichung wird man an diese verschiedenen Ausgangspunkte denken müssen.

Die Aufnahme des Doppel-Anastigmaten.

Das Interesse, welches diese Neukonstruktion allenthalben erregte, war infolge einer sehr geschickten Vorführung Seitens der geschäftlichen Leitung der Optischen Anstalt von C. P. GOERZ ein ausserordentlich grosses. Naturgemäss konnte die Betonung der Vortrefflichkeit des neuen Typus nicht abgehen ohne Seitenblicke auf die Güte der Anastigmatdoublets; und so bot sich im Sommer 1893 der unangenehme Anblick eines vor das Forum des grossen Publikums gebrachten Streites, der in den Spalten der Photographischen Mittheilungen und von *The British Journal of Photography* ausgefochten wurde. Da der Streit um die Gerechtigkeit der Vergleichsmethoden uns hier nicht berührt, so können wir es an diesem Hinweis genug sein lassen.

In der Folgezeit wurde der Doppel-Anastigmat in zwei Serien herausgegeben, von denen die erste, Serie III 1 : 7.7 als Universalobjektiv, die zweite, Serie IV 1 : 11 als Reproduktionsobjektiv empfohlen wurde.

Die englische Firma Ross & Co. übernahm auch hier die

Fabrikationslicenz, wie sie es (S. 234) mit den Anastigmatdoublets gethan hatte.

P. RUDOLPH hat die Aufstellung des Doppel-Anastigmaten nun nach zwei Richtungen hin einen Anstoss gegeben.

Anastigmat-Doublet 1 : 8.

Zunächst stellte er das schon S. 367 erwähnte fünflinsige Doublet mit dem Oeffnungsverhältniss 1 : 8 her, welches für einen kleineren Bildwinkel, etwa 75°, korrigirt war und somit mit dem sechslinsigen Doppel-Anastigmaten als Gesammtsystem verglichen werden konnte. Anders wie bei der Serie III, 1 : 7.2 war hier ohne Rücksicht auf die Höhe des Verkaufspreises ein höchstbrechendes Crownglas verwandt worden.

Entwickelung der astigmatisch korrigirten Einzellinsen.

Dann aber entwickelte P. RUDOLPH das schon lange vor ihm bekannte System der einen symmetrischen Satz bildenden Einzellinsen weiter. Dieselben konnten bisher aufgefasst werden als Aplanathälften, in denen naturgemäss eigentlich nur die sphärische Aberration im engeren Sinne gehoben war, und wurden je nach dem Bedürfniss des Photographen bald einzeln, bald in Kombinationen zu zweien benutzt; im letzteren Falle wurden auch hemisymmetrische Kombinationen gebildet, und es kennzeichnet die geringeren Anforderungen, die man an solche Satzobjektive nur stellen zu dürfen glaubte, dass man bei Sätzen die Hemisymmetrie zuliess, die doch sonst unter den Doubletkonstruktionen der verschiedenen Optiker nicht vorkam.

Hier schuf P. RUDOLPH's Vorgehen Wandel: Durch die Einführung seiner Einzellinsen, in denen die vier ersten SEIDEL'schen Abbildungsfehler mit mehr oder minder grosser Annäherung gehoben waren, schuf er allgemein verwendbare Landschaftsobjektive, die zur Bildung sehr leistungsfähiger holo- oder hemisymmetrischer Satzobjektive verwandt werden konnten.

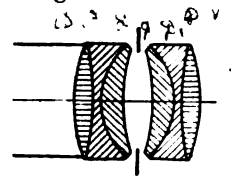


Fig. 139, s. Taf. II.
P. RUDOLPH: Satz-Anastigmat. Serie VIa.
Entstanden durch symmetrische Gegenüberstellung zweier Anastigmat-Satzlinsen wie Fig. 137. Reducirt auf $f_D = 100$ mm. Durchgerechnet für 1 : 6.8 und $\omega = 29°$.

Um ein Beispiel von der Korrektion dieser Sätze zu geben, bringe ich hier auch noch die Darstellung der Aberrationen eines durch symmetrische Gegenüberstellung zweier Einzellinsen der Figur 137 gebildeten Doppelobjektivs.

Die sphärische Korrektion ist für eine Oeffnung von 1 : 6,8 mit einer Zonenabweichung von — 0.9 mm erreicht. Die schiefen Büschel zeigen einen merkbaren Fortschritt gegenüber der ungefähr gleichzeitigen vierlinsigen Doubletkonstruktion, indem sie bei $\omega = 29°$, wo angenäherte Bildebenung erreicht ist, nur eine astigmatische Differenz von etwa 4 mm aufweisen.

Bei der Vergleichung mit dem Doppelanastigmaten muss man sich aber

immer gegenwärtig halten, dass der Konstrukteur der hier besprochenen holosymmetrischen Konstruktion die Aufgabe hatte, in den Einzelsystemen die Koma wenigstens in erster Annäherung zu beseitigen, und sich somit mit einer *Reduktion* der astigmatischen Differenzen statt der dort erreichten *Korrektion* zu begnügen hatte.

Diese unter der Bezeichnung Anastigmat-Satzlinse Serie VI, mit der relativen Oeffnung 1 : 14.5, und Satz-Anastigmate Serie VI^a (Doppelobjektive und zwar holosymmetrische mit 1 : 6.9, hemisymmetrische je nach der Zusammensetzung mit 1 : 7.7 und 1 : 8.5 Oeffnungsverhältniss) 1893 herausgegebenen Objektive werden durch eine im Frühjahr 1895 in den Handel gebrachte Serie ersetzt, welche allem Anschein nach die Bestrebungen zur Schaffung eines Satzobjektivs zu einem Abschluss bringt.

Aufstellung der Serie VII der viertheiligen Einzellinse nach der Patentschrift.

P. Rudolph (*10.*) benutzte hier die Urform seines Anastigmatdoublets mit der gegensätzlichen Abstufung der Brechungsexponenten, indem er die beiden Einzelbestandtheile zusammenkittete, entweder den ersten Meniskus aus alten Glasarten oder den zweiten aus neuen zuerst stellend. Bei einem so aus vier Gliedern zusammengekitteten Objektive musste aber nur im Endresultat Achromasie erzielt werden, die Vertheilung der Leistung für die chromatische Korrektion auf die beiden aus einem neuen oder einem alten Glaspaar bestehenden Komponenten blieb gleichgültig. Die mittelste Kittfläche konnte demnach in den einfachen Fällen entweder zwei positive oder zwei negative Linsen

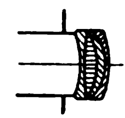


Fig. 140, s. Taf. IV.
P. Rudolph: Anastigmatlinse 1 : 12.5.
Quelle: Angaben des Verfassers.
Reducirt auf $f_D = 100$ mm.
Durchgerechnet für 1 : 10.5 und $\omega = 34^0$.
Radien r_ν, Dicken d_ν und Entfernungen b_ν in Millimetern auf der Axe gemessen.

$b_1 = 1.9$
$r_1 = 14.7$
$d_1 = 1.3$
$r_2 = 23.4$
$d_2 = 1.7$
$r_3 = 11.2$
$d_3 = 1.7$
$r_4 = 7.4$
$d_4 = 1.3$
$r_5 = 15.4$

Glasarten n_D.
$L_1 = 1.51743$
$L_2 = 1.61002$
$L_3 = 1.51156$
$L_4 = 1.58254$

Die Zeichnung ist nur annähernd genau.

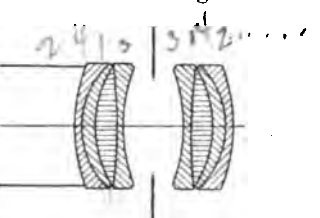


Fig. 141, s. Taf II.
P. Rudolph: Satz-Anastigmat, Ser. VII^a, entstanden durch symmetrische Gegenüberstellung zweier Anastigmatlinsen wie Fig. 140.
Reducirt auf $f_D = 100$.
Durchgerechnet für 1 : 6.3 und $\omega = 27\frac{1}{2}^0$.
Die Zeichnung ist nur annähernd genau.

verbinden, ja es war auch der Fall vorgesehen, dass der eine Meniskus vorher gleichsam durchgebogen war, und dann in der verkitteten Linse positive und negative Linsen abwechselten. Den ersten beiden Möglichkeiten entsprachen die zwei eingehender publicirten Typen. Für beide waren in der Patentschrift Daten angegeben, wie dort auch die Verwendung dieses Princips für un-

symmetrische Objektivformen gesichert war; doch nur der erste Typus wurde zur Bildung ausschliesslich symmetrischer Doppelobjektive verwandt.

Die Daten der neuen Linse sind aus der Patentschrift zu entnehmen. Hier sei indessen eine etwas spätere Form für Einzellinsen längerer Brennweite angegeben, in der das Augenmerk hauptsächlich auf die Vollendung der Korrektion des Doppelobjektivs gerichtet wurde, doch leistet auch die Einzellinse dieses Typus Gutes; die kleineren Brennweiten der Einzellinsen zeigen aber hinsichtlich der Erfüllung der ABBE'schen Sinusbedingung einen anderen Korrektionszustand.

Bei dem Einzelobjektiv fällt sowohl die Kleinheit der Zonen auf — bei einer Oeffnung von etwa 1 : 11.4, innerhalb welcher sphärische Korrektion strenge erreicht ist, beträgt die Abweichung nur — 0.8 mm — als auch die Ebenung des Feldes der Meridionalstrahlen, von dem die sagittalen Büschel sich um weniger als 0.8 mm entfernen.

Eine entsprechende Verbesserung erfuhr die aus zwei der beschriebenen Objektive gebildete holosymmetrische Kombination, deren sphärische Zonen besonders klein sind. Die Maximalabweichung beträgt hier nur etwa — 0.7 mm und die Bildfeldebenung ohne merkbaren Astigmatismus ist sehr bemerkenswerth. Letzterer Bildfehler verschwindet für $\omega = 27^1/_2{}^0$, während die Abweichung von der axensenkrechten Ebene etwa 0.5 mm beträgt.

Einführung der Satz-Anastigmate.

Diese Systeme wurden 1895 eingeführt als Anastigmatlinse 1 . 12.5 Serie VII und Satz-Anastigmate 1 : 6.3 Serie VII^a (holosymmetrische Doppelobjektive mit der relativen Oeffnung von 1 : 6.3, hemisymmetrische mit 1 : 7 bezw. 1 : 7.7 Oeffnung) und P. RUDOLPH setzte bald (*11.*) darauf die Principien auseinander, nach denen er die Ausführungsform der neuen Serie bestimmt hatte. Dieselben waren auch schon für die vorhergehende Reihe der Objektive der Serie VI bestimmend gewesen; er konnte zeigen, dass die Verbindung von zwei verschiedenen Nummern der Serie VII (VI) zu einem Doppelobjektive der Serie VII^a (VI^a) nur insoweit noch Zweck habe, als es sich um nicht zu sehr verschiedene Brennweiten handele, denn sonst würde die Fassung der Einzellinse kleinerer Brennweite die Apertur des Doppelobjektivs mindestens für grössere Winkel sehr beträchtlich herabdrücken. Der Grund dafür ist in der einmal gewählten Abstufung der Brennweiten zu suchen, die in der Reihe der Einzelobjektive besteht, und die hier so herbeigeführt ist, dass die Brennweite der folgenden Nummer aus der der vorhergehenden durch Multiplikation mit etwa 1.2 entsteht. Dies Verfahren hat unter Berücksichtigung der Konstanten der Einzellinse zur Folge, dass die Brennweiten des Doppelobjektivs und der Einzellinsen sich im Durchschnitt verhalten

bei holosymmetrischen Objektiven	f/6.3	wie	1 : 1.75 : 1.75
bei schwach hemisymmetrischen	f/7	wie	1 : 1.6 : 2.0
bei stark hemisymmetrischen	f/7.7	wie	1 : 1.5 : 2.2

Diese bequeme Abstufung der Brennweiten hat mit den sonstigen guten Eigenschaften dieses Typus besonders den schwach hemisymmetrischen Objektiven vielen Anklang verschafft und derartigen Kombinationen zu einer Stellung verholfen, wie sie ihnen etwa TH. DAVIDSON einst zu geben gehofft hatte.

Einführung der Anastigmatsätze.

Auch den Sätzen wandte schon seit 1893 P. RUDOLPH seine Aufmerksamkeit zu und verbesserte die aus den Einsellinsen der Serie VI gebildeten durch den in den Anastigmatlinsen 1 : 12.5 erreichten Fortschritt in gleicher Weise, wie wir das für die Satz*objektive* soeben geschildert haben. Dabei bietet der kleinere Satz aus drei Einzellinsen die folgenden Abstufungen, wobei als Einheit die kürzeste Brennweite gewählt ist:

Doppelobjektive	Einzellinsen
1.0; 1.1; 1.3;	1.6; 2.0; 2.5;

und der grösste aus vier Einzellinsen gebildete:

Doppelobjektive	Einzellinsen
1.0; 1.1; 1.2; 1.3; 1.4;	1.6; 2.0; 2.3; 2.7.

Rückblick auf die Entwickelung der Satzidee.

Viele Stadien hatte die Satzidee durchmachen müssen, von den unsymmetrischen Typen CH. CHEVALIER's, J. PETZVAL's und später TH. FURNELL's sowie FR. SCOTT ARCHER's Einstecklinsen an durch die symmetrische Form TH. DAVIDSON's, die unverdienter Vergessenheit anheimfiel, durch die Versuche von C. B. BOYLE, von J. ZENTMAYER und besonders der französischen Optiker, welche schnell die Form der Aplanathälfte adoptirten, die dann auch A. STEINHEIL für die Satzkonstruktionen übernommen hat, bis endlich durch P. RUDOLPH's Einführung der Einzellinse mit anastigmatischer Bildebenung der symmetrische Satz seine endgültige Form erhielt.

P. RUDOLPH's Einführung der Normalfassung.

Die vielseitige Verwendbarkeit der Anastigmatlinsen führte von selbst zu einer Modifikation der Objektivfassungen derart, dass an einem und demselben Rohrstück die verschiedensten Linsen durch einfaches Anschrauben in richtigem Blendenabstande verwandt werden konnten.

Bestrebungen in dieser Richtung finden sich schon früh in England und Frankreich, worauf wir (S. 227) hinwiesen, doch kam es damals anscheinend nicht zu einer konsequenten Ausgestaltung dieser Idee.

P. RUDOLPH führte 1895 diese Einrichtung unter dem Namen der *Normalfassung* ein und überwand die oben angedeuteten Schwierigkeiten der Blendeneinrichtung dadurch, dass er die Iris-

theilung nach dem Durchmesser der Aperturblende in Millimetern abstufte. Die Beziehung zwischen diesem wahren Blendendurchmesser und der — je nach der gerade benutzten Linsenkombination verschieden grossen — Eintrittspupille sowie der von ihr abhängigen relativen Oeffnung vermittelten Tabellen in übersichtlicher Anordnung.

Der STEINHEIL'sche Orthostigmat, Typus I und Typus II.

Die eben geschilderten Vorgänge auf dem Gebiete der konstruktiven Optik mussten selbstverständlich diejenigen Firmen Deutschlands, welche nicht gänzlich von der Herstellung der Objektive mit anastigmatischer Bildebenung ausgeschlossen sein wollten, zu den höchsten Anstrengungen anspornen. Dies war auch thatsächlich der Fall, und so hören wir denn schon*) im Sommer 1893, also zu einer Zeit, als gerade der Kampf des Doppelanastigmaten gegen die älteren Konstruktionen am heftigsten war, von der Herstellung eines neuen Objektivs, des Orthostigmaten von R. STEINHEIL.

Die Publikation dieses Typus in Deutschland hat sich infolge von Patentschwierigkeiten (C. P. GOERZ' Einspruch) ausserordentlich lange verzögert, doch sind wir über die Geschichte dieses Objektivs durch einen Bericht seines Konstrukteurs R. STEINHEIL (4.) unterrichtet. Danach geht der Gedanke zu dieser Konstruktion von A. STEINHEIL aus, welcher an dem Aplanattypus die Korrektion des Astigmatismus durchführen wollte. Die nothwendigen Rechnungen wurden von dem Sohne R. STEINHEIL ausgeführt, und so kam es, dass sich die Ausführung der Versuchskonstruktionen sehr verzögerte.

Der am 25. März 1893 zum Patent angemeldete Typus, der Orthostigmat, wie er in den Anzeigen genannt wird, fiel mit dem der Serie VI[a] und dem des Doppelanastigmaten zusammen, und seine Anmeldung musste daher zurückgezogen werden. Auch wagte die Firma C. A. STEINHEIL SÖHNE nicht, auf ihr Vorbenutzungsrecht gestützt, dies Objektiv in Deutschland ausführen zu lassen, sondern stellte dasselbe in Frankreich her. Dort wird es unter der Bezeichnung Orthostigmat, Typus I in zwei Serien, C mit 1:7 und D mit 1:10 Oeffnungsverhältniss, in den Handel gebracht; die Einzellinsen der ersteren Serie werden als Landschaftslinsen mit einer Oeffnung von 1:14 zur Bildung von Sätzen analog denen aus P. RUDOLPH's Serie VI verwendet.

Im November desselben Jahres aber meldete R. STEINHEIL

*) Ph. M. 1893/94. **30.** 200.

einen anderen aus zwei dreifach verkitteten Linsen bestehenden Typus zum Patent an, dessen Zusammensetzung eine wesentlich abweichende war. Die genauen Daten dieses Objektivs, welches unter dem Namen Orthostigmat, Typus II eingeführt ward, entnehmen wir der englischen Patentschrift (*3.*). Dieselbe enthält zwei Konstruktionsformen, von denen die erste den Typus $\overset{-}{M}\overset{\pm}{N}\overset{+}{H}$; $\bar{\nu}_M < \bar{\nu}_N < \bar{\nu}_H$ aufweist und damit nach unserer Zusammenstellung unter 1a α fällt. Die andere lichtstärkere Form steht mit $\overset{-}{M}\overset{\pm}{N}\overset{+}{H}$; $\bar{\nu}_M < \bar{\nu}_N > \bar{\nu}_H$ nicht in unserem Schema; bei näherer Betrachtung sieht man auch, dass

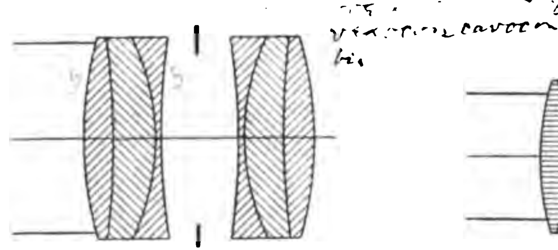


Fig. 142, s. Taf. I.

R. STEINHEIL: *Orthostigmat.* Typus II.
Quelle: R. STEINHEIL. *3.*
Reducirt auf $f_D = 100$ mm.
Durchgerechnet für $1:4.02$ und $\omega = 29°$.
Radien r_ν, Dicken d_ν und Entfernungen b_ν in Millimetern auf der Axe gemessen.

$r_1 = r_8 = 47.9$
$d_1 = d_6 = 4.2$
$r_2 = r_7 = 117.6$
$d_2 = d_5 = 5.2$
$r_3 = r_6 = 29.7$
$d_3 = d_4 = 0.8$
$r_4 = r_5 = 102.4$
$b_1 = b_2 = 5.2$

Glasarten n_D.
$L_1 = L_6 = 1.62356$
$L_2 = L_5 = 1.50786$
$L_3 = L_4 = 1.60304$

Fig. 143, s. Taf. II.

R. STEINHEIL: *Orthostigmat.* Typus II.
Quelle: R. STEINHEIL. *3.*
Reducirt auf $f_D = 100$ mm.
Durchgerechnet für $1:6.0$ und $\omega = 28°$.
Radien r_ν, Dicken d_ν und Entfernungen b_ν in Millimetern auf der Axe gemessen.

$r_1 = r_8 = 35.0$
$d_1 = d_6 = 4.1$
$r_2 = r_7 = 28.3$
$d_2 = d_5 = 5.1$
$r_3 = r_6 = 15.8$
$d_3 = d_6 = 0.8$
$r_4 = r_5 = 41.0$
$b_1 = b_2 = 5.06$

Glasarten n_D.
$L_1 = L_6 = 1.61003$
$L_2 = L_5 = 1.51874$
$L_3 = L_4 = 1.56370$

die Zerschneidung in zwei Achromate eine Gruppirung der Glaspaare ergiebt, welche unter die zweite Möglichkeit des RUDOLPH-schen anastigmatischen Princips fällt.

Die lichtstärkere der beiden Formen enthält nämlich die folgenden Glassorten:

Gewöhnliches Leichtflint	$M = 1.60304$;	$\bar{\nu}_M = 29.0$
Borosilikat-Crown	$N = 1.50786$;	$\bar{\nu}_N = 49.6$
Baryt-Flint	$H = 1.62356$;	$\bar{\nu}_H = 29.6$

Das Objektiv hat den Typus eines Portraitobjektivs. Seine Oeffnung, für die sphärische Aberration herbeigeführt ist, beträgt etwa $1:4.5$, und die longitu-

dinale Abweichung infolge der Zonen etwa — 0.3 mm, die der Brennweitenlängen ist etwas beträchtlicher. Was die Korrektion der schiefen Büschel angeht, so ist, wie es scheint — leider habe ich Strahlen zu grosser Neigung durchgerechnet — hauptsächlich auf Hebung der astigmatischen Differenzen Gewicht gelegt worden, während die Bildwölbung einen kleinen negativen Betrag behielt. Eine erhebliche Verbesserung des Korrektionszustandes ausser der Axe, den alten Portraitsystemen gegenüber, wird man nicht in Abrede stellen.

Die andere lichtschwächere Form des Orthostigmaten Typus II ist die allgemein bekannte des Universalobjektivs. Die Glaswahl war, wie folgt, getroffen:

Baryt-Leichtflint	$M = 1.56370;\ \bar{\nu}_M = 39.2$
Crown mit hoher Dispersion	$N = 1.51874;\ \bar{\nu}_N = 41.6$
Schwerstes Baryt-Crown	$H = 1.61003;\ \bar{\nu}_H = 44.6$

Sphärische Korrektion ist hier für eine relative Oeffnung von etwa 1 : 6 erreicht, und die Zonen betragen nicht mehr als etwa — 0.5 mm.

Was die Korrektion der schiefen Büschel angeht, so scheint der angegebene Linsenabstand noch etwas zu klein, denn die Kurve der meridionalen Brennpunkte ist stärker gekrümmt als die der sagittalen. Bei vollständiger Hebung des Astigmatismus, die durch Aenderung des Linsenabstandes leicht herbeigeführt werden kann, würde wohl nur eine ganz geringe Krümmung des Bildfeldes selbst für grössere ω übrig geblieben sein.

Von der kaufmännischen Verwerthung dieser Formen bin ich nur hinsichtlich der zweiten lichtschwächeren unterrichtet. Auf Grund des Patentes 88505 werden in Deutschland zwei Serien des Orthostigmaten Typus II mit den Oeffnungsverhältnissen 1 : 6.8 und 1 : 10 in den Handel gebracht. In allerneuester Zeit (Sommer 1899) wird auch eine Form mit 1 : 8 Oeffnung angeboten.

Das Kaempfer'sche Collinear, Typus I.

Derselbe Objektivtypus, welcher in der ersten Form des Steinheil'schen Orthostigmatpatents erscheint, war auch an anderer Stelle, nämlich von D. Kaempfer, dem S. 354 erwähnten Mitarbeiter der Firma Voigtländer & Sohn, selbständig gefunden worden. Den Prioritätsreklamationen gemäss gehen die ersten Probeausführungen nach Aeusserungen von D. Kaempfer (*5.*) und Hugo Scheffler bis auf den Juli 1892 zurück. Später findet sich dieser Typus mit dem beträchtlichen Oeffnungsverhältniss 1 : 4.5 in einem englischen Patent D. Kaempfer's (*4.*) von 1896.

Die beiden Firmen C. A. Steinheil Söhne und Voigtländer & Sohn einigten sich über das gemeinsame Ausführungsrecht des schliesslich durch das Steinheil'sche Patent 88 505 geschützten Objektivs, das die Voigtländer'sche Anstalt unter dem Namen Collinear, Typus I in den Handel brachte. Es wurden die Serien II mit 1 : 6.3, III mit 1 : 7.7 und IV mit 1 : 12.5 Oeffnungsverhältniss ausgegeben und die Einzellinsen der Serien II und III nach dem

Vorgang von P. RUDOLPH mit der ZEISS'schen Anastigmat-Satzlinse zur Zusammenstellung von Sätzen empfohlen.

E. VON HÖEGH's Stellungnahme zum Orthostigmaten.

Wenn E. VON HÖEGH (*5.*) in dem Verlaufe des Patentstreits diesen Typus als von der Idee des Doppel-Anastigmaten abhängig in Anspruch nahm, so bediente er sich zum Nachweis des Mittels der Linsenvertauschung im Einzelglied des Doppel-Anastigmaten.

Diesen Gedanken hat derselbe Autor (*8.*) dann später ganz systematisch behandelt und aus den beiden, in der Patentschrift 74437 vorkommenden Formen der sphärisch, chromatisch und astigmatisch korrigirten Einzellinse dadurch zwei neue Formen abgeleitet, von denen die eine das Collinear Typus I bezw. den Orthostigmaten Typus II umfasst, während die andere, wenn ein schweres Crownglas zur Verwendung kommt, unter unser Schema in 3aα einzureihen ist. Dass eine solche Herleitung verschiedener Einzellinsen aus einer derselben möglich ist, wird man nicht bestreiten wollen, wenn man beachtet, dass sie alle aus dem anastigmatischen Princip gefolgert werden konnten. Zu der Herleitung gehört aber eine Erfinderthätigkeit, und die ist vom Patentamte sowohl bei E. VON HÖEGH als bei R. STEINHEIL als auch, wie wir gleich sehen werden, bei D. KAEMPFER anerkannt worden. Es sei übrigens bemerkt, dass sich in dieser Arbeit E. VON HÖEGH's eine klare Herleitung der Bedingungen sphärischer und astigmatischer Korrektion der Einzellinse unter Benutzung des Kittflächenprincips findet, wie auch von dem Verfasser das Princip ausgesprochen wird, die sammelnde Kittfläche müsse zum einfallenden Licht entgegengesetzte Krümmung erhalten, wenn anastigmatische Bildebenung erreicht werden solle. Die von ihm noch behandelten Formen astigmatisch korrigirter Einzellinsen mit negativer Gesammtbrennweite seien hier nicht weiter besprochen.

Das KAEMPFER'sche Collinear, Typus II.

Parallel mit R. STEINHEIL's Bemühungen um den Orthostigmaten Typus II ist D. KAEMPFER (*2.*) bestrebt, einen abweichenden Typus einer sphärisch, chromatisch und astigmatisch korrigirten Einzellinse durch Patent seiner Firma zu sichern, was auch durch die Ertheilung des Patents 90482 im Mai 1895 erreicht wurde.

Das neue Objektiv erhielt den Namen Collinear, Typus II oder Dreimenisken-Objektiv; wie der letztere Name andeutet, bestand es aus drei Menisken und gehörte dem Typus $\overset{+}{H}\,\overset{\mp}{N}\,\overset{-}{M}$; $\bar{\nu}_H > \bar{\nu}_N > \bar{\nu}_M$ an; es fiel somit unter den Fall 1aβ.

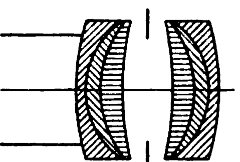


Fig. 144, s. Taf. II.
D. KAEMPFER: Collinear, Typus II.
Quelle: D. KAEMPFER. *2.*
Reducirt auf $f_D = 100$ mm.
Durchgerechnet für 1 : 6.9 und $\omega = 30^1/_2{}^\circ$.
Radien r_ν, Dicken d_ν und Entfernungen b_ν in Millimetern auf der Axe gemessen.

$r_1 = r_8 = 32.6$
$d_1 = d_6 = 1.3$
$r_2 = r_7 = 11.0$
$d_2 = d_5 = 1.8$
$r_3 = r_6 = 14.5$
$d_3 = d_4 = 3.0$
$r_4 = r_5 = 41.1$
$b_1 = b_2 = 3.3$

Glasarten n_D.
$L_1 = L_6 = 1.5682$
$L_2 = L_5 = 1.5262$
$L_3 = L_4 = 1.6112$

Wir finden nämlich die Verwendung folgender Glassorten:

Schwerstes Baryt-Crown	$H = 1.6112;\ \bar{\nu}_H = 44.8$
Crown mit hoher Dispersion	$N = 1.5262;\ \bar{\nu}_N = 39.8$
Baryt-Leichtflint	$M = 1.5682;\ \bar{\nu}_M = 38.2$

Die relative Oeffnung, für die sphärische Korrektion herbeigeführt ist, beträgt etwa 1 : 7, die sphärischen Zonen betragen etwa — 0.6 mm, auch ist die Uebereinstimmung im Gange bei den Abweichungen der Schnitt- und der Brennweiten hervorzuheben. Hinsichtlich der Bildfeldkrümmung stellt sich aber dieser Typus entschieden ungünstig; auch wenn wir die Korrektion des Astigmatismus für einigermassen beträchtliche ω vorgenommen denken, so bleibt ein Betrag der Bildfeldkrümmung übrig, der nicht unerheblich ist.

Das Kombinations-Collinear, Typus $\frac{I + II}{2}$.

Der Typus war auch nach der Ansicht der ausführenden Werkstätte, wie man aus dem Zusatzpatent 91883 ersehen kann, wohl zur Korrektion der sphärischen Aberrationen, nicht so sehr aber zu der der astigmatischen geeignet, und so machte denn D. Kaempfer (*3.*) noch den Versuch, durch Kreuzung der Hälften seiner beiden Collineartypen nur ihre Tugenden, nicht aber ihre Mängel fortzupflanzen. Einen officiellen Namen für dieses Produkt habe ich nicht auffinden können.

Die mit dem Collinear, Typus II gemachten Erfahrungen scheinen aber auch hier ungünstige gewesen zu sein, denn einmal hat man von einer Einführung des Dreimenisken-Objektivs nichts gehört, andrerseits hat die Firma Voigtländer & Sohn, Aktiengesellschaft, die beiden oben erwähnten Patente verfallen lassen: sie wurden am 26. Sept. 1898 gelöscht.

Uneingeführt gebliebene Einzellinsen von

Im Zusammenhange mit der von P. Rudolph erreichten Entwickelung der Einzellinsen stehen einzelne ausländische Patente deutscher Firmen, die aber auch die einzigen Anhaltpunkte liefern, aus denen wir uns mehr oder minder eingehend über diese Konstruktionen unterrichten können. Zur Einführung ist meines Wissens keiner dieser Typen gekommen.

C. P. Goerz 1895, vierlinsig.

Das erste dieser Patente wurde von E. von Höegh (*6.*) in England im August 1895 genommen. Es hat eine aus 4 Bestandtheilen zusammengekittete Einzellinse zum Gegenstande, in der sich zwei Sammel- und zwei Zerstreuungslinsen, je eine von hohem und eine von niederem Brechungsexponenten, finden, die so angeordnet sind, dass nicht nur die Sammellinsen, sondern auch die Zerstreuungslinsen aneinander grenzen, und dass ferner immer auf einen hohen Brechungsexponenten ein niedriger folgt. Genauere Daten finden sich in der Anmeldung nicht, so dass das eigentliche Wesen dieses Objektivs schemenhaft bleibt.

Ebensowenig hat auch das VOIGTLÄNDER'sche Patent (4.) auf eine viertheilige Einzellinse von sich reden gemacht, welches Ende 1897 in England veröffentlicht wurde. Es enthält übrigens einen Typus, auf den P. RUDOLPH schon 3 Jahre früher hingewiesen hatte.

VOIGTLÄNDER & SOHN 1897, vierlinsig.

Ein weiteres Patent von E. VON HÖEGH (7.) stammt aus 1897 und hat eine 5theilige Einzellinse zum Gegenstande, hierin der TURNER-REICH'schen Konstruktion gleichend. Auch hier fehlt jede öffentliche Angabe über die Krümmungsradien, nur die Abstufung der Brechungsexponenten ist hervorgehoben.

C. P. GOERZ 1897, fünflinsig.

Man kann sich das System am bequemsten vorstellen, wenn man es sich so aus der RUDOLPH'schen 4theiligen Konstruktion, Fig. 140, hervorgegangen denkt, dass die dritte (Sammel-)Linse eine grössere Dicke erhielt und dann durch eine sphärisch fast indifferente, aber chromatisch wirksame Fläche in zwei Theile zerlegt wurde, deren Medien im Brechungsexponenten sehr wenig differiren.

Als Oeffnung des Einzelobjektivs wird vom Anonymus 3 f:11 angegeben, dasselbe sei sphärisch, chromatisch und astigmatisch korrigirt und solle hauptsächlich zur Bildung von Sätzen Verwendung finden. Es wird weiterhin von der Einzellinse behauptet, dass sie verzeichnungsfrei sei; da die Konstruktionsdaten nicht öffentlich bekannt gegeben sind, so ist eine Diskussion dieser Angabe unmöglich. Weiterhin wird die Herausgabe der besprochenen Objektive für das Frühjahr 1898 in Aussicht gestellt, doch sind meines Wissens diese Konstruktionen bislang nicht in den Handel gekommen, obschon die Firma C. P. GOERZ dieselben nach Ausweis des officiellen Katalogs im Jahre 1898 im *Crystal Palace* zu London ausgestellt hat.

c. P. Rudolph's hyperchromatische Zerstreuungslinse und ihre Anwendung im Planar.

Wenn es somit den Anschein hat, als sei die von P. RUDOLPH durchgeführte Verbesserung der Satzobjektive mit dem Typus der Serie VII zu einem gewissen Abschluss gebracht, so blieben doch noch wichtige Aufgaben hauptsächlich in der Verminderung der sphärischen Zonen der Konstruktionsformen mit anastigmatischer Bildebenung bestehen.

Dieses Ziel, das ebenfalls von P. RUDOLPH erreicht werden sollte, lag am Ende eines Weges, der zuerst weit ab führen zu wollen schien.

Die Achromatisirung des Telenegativs.

Die Bestrebungen von TH. R. DALLMEYER, von A. MIETHE und von A. STEINHEIL um die Schaffung eines brauchbaren Teleobjektivs waren auch von P. RUDOLPH mit Interesse verfolgt worden, und auch er beschäftigte sich in der Zeit nach Berechnung der zweiten Reihe von Anastigmatserien (Winter 1892) mit dieser Konstruktion.

Wenn wir nun auch principiell keine eingehende Besprechung dieser Teleobjektivkonstruktionen hier liefern, so müssen wir doch auf einen wichtigen Gedanken P. RUDOLPH's eingehen, der sich wie ein rother Faden durch zwei Patente von Teleobjektivtheilen hindurchzieht und im weiteren Verlaufe uns wieder zu den lichtstarken Systemen zurückführen wird.

Die Herausgabe des neuen Katalogs der Jenaer Gläser hatte der konstruirenden Optik Material zur Verfügung gestellt, in welchem in mehr oder minder weiten Grenzen einem Brechungsexponenten mehrere Dispersionswerthe und umgekehrt zugeordnet waren. Auf die Wichtigkeit der Verbindung von Glaspaaren mit gleichem Brechungsexponenten oder gleicher Dispersion war ganz allgemein schon früh von E. ABBE hingewiesen worden.

In der photographischen Optik erscheint zunächst M. MITTENZWEI 1887 mit dem Gedanken, sein Periskop (S. 345) chromatisch zu korrigiren, ohne sonstige Aenderungen vorzunehmen, und dazu zwei annähernd gleichbrechende Glasarten zu verwenden. Der Gedanke wurde aber wahrscheinlich infolge des frühen Todes dieses Mannes gar nicht weiter entwickelt und von Aussenstehenden nicht beachtet. Ohne von diesem Vorschlage Kenntniss zu haben, benutzte P. RUDOLPH (5.) 1893, als es sich darum handelte, eine Negativlinse möglichst ohne Aenderung der äusseren Krümmungen zu achromatisiren, das Mittel der Einführung einer nur chromatisch wirksamen, sphärisch aber indifferenten Fläche.

Verwendung des gleichen Princips durch C. PIEPER u. E. v. HÖEGH. Die chromatische Planparallelplatte H. SCHROEDER's.

Später haben auch andere Konstrukteure in ähnlicher Weise gleichbrechende Glasarten verwandt. So wies dasjenige Objektiv, welches von dem Patentanwalt C. PIEPER im Juli 1894 zum Patent angemeldet wurde, zwei Kombinationen auf, wobei in der ersten die relativen Dispersionen, in der zweiten die Brechungsexponenten gleich waren; doch ist der Typus, dessen astigmatische Korrektion zu wünschen übrig liess, meines Wissens nicht von irgend welcher Bedeutung geworden. H. SCHROEDER (7.) hatte fernerhin etwas später (1896) eine elegante Konstruktion in der Vorrichtung zur Untersuchung der chromatischen Korrektion optischer Instrumente angegeben. Dieselbe war aus zwei für eine Farbe gleichbrechenden

aber verschieden zerstreuenden Glasarten zusammengekittet, so dass eine chromatische Planparallelplatte entstand, welche, ohne die sphärische Aberration wesentlich zu ändern, eine bequeme Untersuchung des chromatischen Korrektionszustandes gestattete. Auch E. VON HÖEGH (7.) hat, wie wir S. 387 sahen, 1897 die sphärisch indifferente Fläche zur chromatischen Korrektion benutzt.

P. RUDOLPH's hyperchromatische Zerstreuungslinse.

Im Jahre 1896 wurde jener schon der Telenegativlinse zu Grunde liegende Gedanke von P. RUDOLPH (*12.*) noch einmal deutlicher hervorgehoben und gezeigt, dass man sich des obigen Mittels der Verbindung zweier gleichbrechender, aber verschieden zerstreuender Glasarten bedienen kann, um sich Linsen von vorgeschriebener äusserer Form aber nahezu beliebiger chromatischer Zerstreuung zu schaffen. Durch Einführung einer sphärisch gänzlich indifferenten, chromatisch aber sehr wirksamen Fläche können, wie man leicht einsieht, die chromatischen Wirkungen der Linsenkombination sehr wesentlich geändert werden. Hinzu kommt noch der technische Vortheil, dass Ausführungsfehler an der neu eingeführten Fläche sphärisch nahezu wirkungslos sind, wenn die beiden Linsen durch einen Kitt möglichst gleicher Brechung vereinigt werden.

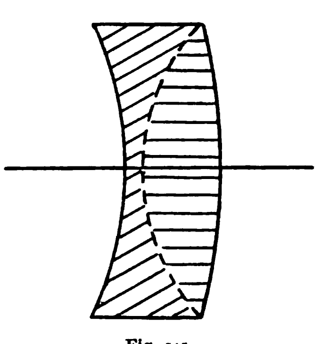


Fig. 145.
Hyperchromatische Zerstreuungslinse.
(Schematische Darstellung.)

In der Patentschrift war in erster Linie eine solche Zusammensetzung für eine Zerstreuungslinse vorgesehen, der man durch eine dem obenstehenden Schema analoge Zusammensetzung fast jede beliebige Farbenzerstreuung*) zu Kompensationszwecken geben konnte. Aus diesem Grunde erhielt diese Linsenkombination, welche einen durch Verkittung mit den Nachbarlinsen

---

*) Wie man leicht sieht, ist die Farbenzerstreuung $\triangle n'$ der Doppellinse grösser als sie wäre, wenn man sie unter Beibehaltung der äusseren Krümmungen aus dem stärker zerstreuenden Material $\triangle n$ gebildet hätte. In diesem letzteren Falle wäre ja die entgegengesetzt wirkende Zerstreuung $\triangle \nu$ der Positivlinse mit einer beträchtlicheren Grösse in Abzug zu bringen, denn es lässt sich die Farbenzerstreuung $\triangle n'$ der kombinirten Linse leicht ableiten,

$$\triangle n' = \triangle n + \frac{\varkappa}{\varkappa'} (\triangle n - \triangle \nu)$$

wo $\varkappa$ das Krümmungsmaass der positiven, $\varkappa'$ der absolute Werth des Krümmungsmaasses der kombinirten Linse ist.

Je kleiner also $\triangle \nu$ gewählt wird, desto grösser fällt — bei festgehaltenem Werth von $\triangle n$ — der Werth von $\triangle n'$ aus.

verbundenen Theil einer lichtstarken Einzellinse bildete, den Namen der *hyperchromatischen Negativlinse.* Die Anwendung des hier beschriebenen Mittels war besonders für die Verkleinerung der chromatischen Differenz der sphärischen Aberrationen in verkitteten Systemen günstig gewesen.

Das Planar.

Nur ein halbes Jahr sollte es dauern, bis diese sehr glückliche Idee zu einem bedeutungsvolleren Gebrauche kam, und dies geschah in der Konstruktion des Planars.

Das Bedürfniss nach ganz lichtstarken Objektiven mit anastigmatischer Bildfeldebenung ohne grosse sphärische Zonen war mehr und mehr fühlbar geworden, ohne dass doch seine Befriedigung gelungen wäre. Da hatte P. RUDOLPH (*13.*) den glücklichen Einfall, eine im wesentlichen symmetrische Zusammensetzung zu versuchen und der Objektivhälfte die Form eines GAUSS-Objektivs zu geben. Die Rechnungen zeigten, dass die sphärische Korrektion im engeren Sinne und anastigmatische Bildfeldebenung im Einzelgliede in sehr vollkommener Weise erreicht werden konnten, wenn man das aus zwei Linsen derselben Glasart hergestellte GAUSS-Objektiv derart modificirte, dass man auf die Erfüllung der Sinusbedingung verzichtete. Die Korrektion dieses letzten Bildfehlers erlangte man durch symmetrische Gegenüberstellung zweier homologer Glieder und die chromatische Korrektion der Negativlinse konnte ohne Schwierigkeit mit Hülfe der in den vorigen Patenten benutzten hyperchromatischen Zerstreuungslinse erreicht werden, ja es erwies sich sogar die Einführung eines ein wenig abweichenden Glases in die Negativlinse als vortheilhaft zu weiterer Kompensation der sphärischen Zonen.

Allgemeiner Zusammenhang der Planaridee mit dem anastigmatischen Princip.

Somit sehen wir die Konstruktion des lichtstarken Objektivs mit anastigmatischer Bildfeldebenung im Jahre 1896 von P. RUDOLPH erreicht, der früher bereits die Anastigmatdoublets geschaffen hatte. Die leitende Idee war hier wie dort gewesen, zunächst die Korrektion der sphärischen Aberrationen weiteren Sinnes im gewünschten Umfange herbeizuführen und zuletzt erst für die chromatische Korrektion zu sorgen. Das war 1889 durch eine richtige Glaswahl geschehen und 1896 war die bewusste Verwendung der hyperchromatischen Zerstreuungslinse gefolgt, somit wieder einen Fall mehr liefernd, in dem eine Hebung der vier SEIDEL'schen Schärfenfehler für endliche Oeffnungen und Neigungen gebunden war an die Benutzung der neuen Jenaer Glasarten.

In welchem Maasse die Herbeiführung der Zonenfreiheit in dem neuen Typus gelungen ist, habe ich (*4.*) im Jahre 1897 gezeigt, indem ich die Zonengrössen eines gewöhnlichen Aplanaten höchster Lichtstärke und eines Planars mit einander verglich. Zu gleicher Zeit ist ferner in jener Arbeit die hier

durchweg benutzte Darstellung der sphärischen Zonen angegeben worden. Auch der hier mitgetheilte Typus eines Portraitplanars wird den Eindruck nur bestätigen, der dort begründet werden sollte. Die Korrektion des PETZVAL-Objektivs in und nahe der Axe ist hier auf ein mehr oder minder erhebliches Bildfeld ausgedehnt worden, indem der Astigmatismus in ähnlicher Vollendung bei ebenem Bildfelde korrigirt wurde, wie das in dem mitgetheilten Beispiele von Serie II^a geschehen ist.

Der Typus des Planars hat in der Serie I^a der Firma CARL ZEISS durch P. RUDOLPH seine Ausbildung erfahren nach der Seite der lichtstarken Systeme mit anastigmatisch geebnetem Bildfelde

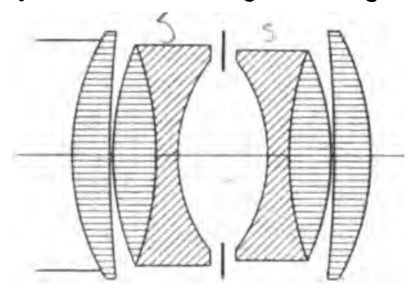


Fig. 146, s. Taf. I.
P. RUDOLPH: Planar.
Quelle: Angaben des Verfassers.

Reducirt auf $f_D = 100$ mm.
Durchgerechnet für $1 : 3.3$ und $\omega = 25°$.
Radien r_ν, Dicken d_ν und Entfernungen b_ν in Millimetern auf der Axe gemessen

$r_1 = 32.0$; $r_{10} = 33.9$
$d_1 = d_6 = 5.0$
$r_2 = r_9 = 144.1$
$b_1 = b_4 = 0.27$
$r_3 = 37.6$; $r_8 = 32.6$
$d_2 = d_5 = 5.3$
$r_4 = r_7 = 45.5$
$d_3 = d_4 = 2.7$
$r_5 = r_6 = 20.5$
$b_2 = b_3 = 5.9$

Glasarten n_D.
$L_1 = L_6 = 1.56785$
$L_2 = L_5 = 1.56768$
$L_3 = L_4 = 1.57087$

mässiger Grösse. Er würde auch ausgebildet werden können nach der Seite der Universalobjektive mit weitem Bildfelde, wenn nicht die Konstruktionsformen der Anastigmatdoublets diese Lücke schon ausfüllten.

Theoretisch bedeutet die Konstruktion des Planars eine gleich einschneidende Neuerung, wie es die der Anastigmatdoublets war; nur praktisch wird sich das nicht derartig fühlbar machen, da sich in der Zwischenzeit durch die Einführung der Anastigmatkonstruktionen die Qualität der besseren marktfähigen Objektive ganz ungemein gehoben hat.

E. VON HÖEGH's Objektiv mit acht freien Flächen.

Als eine der letzten Objektivformen findet sich eine ebenfalls acht freie Flächen zeigende Konstruktion von E. VON HÖEGH (*9.*), welche in England 1898 patentirt und mit einigen Beschränkungen auch in Deutschland zum Patent angemeldet wurde.

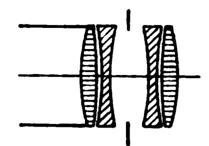


Fig. 147, s. Taf. II.
E. VON HOEGH: Objektiv mit acht reflektirenden Flächen.
Quelle: E. VON HÖEGH *9.*
Reducirt auf $f_D = 100$ mm.
Durchgerechnet für $1:7.6$ und $\omega = 30^1/_2{}^0$.
Radien r_ν, Dicken d_ν und Entfernungen b_ν in Millimetern auf der Axe gemessen.

$r_1 = r_8 = 24.4$
$d_1 = d_4 = 2.0$
$r_2 = r_7 = 53.8$
$b_1 = b_4 = 0.7$
$r_3 = r_6 = 36.6$
$d_2 = d_3 = 0.9$
$r_4 = r_5 = 29.6$
$b_2 = b_3 = 2.5$

Glasarten n_D
$L_1 = L_4 = 1.6112$
$L_2 = L_3 = 1.5356$

Dieselbe besteht aus zwei identischen Hälften, die je aus einer Crown- und einer Flintlinse gebildet sind, sie stimmt darin mit einem zur Zeit der alten Glasarten von R. MORRISON und FR. VON VOIGTLÄNDER vorgeschlagenen Typus überein.

Die Glasarten sind:

Borosilikat-Flint $n_D = 1.5356$; $\bar{\nu} = 39.1$
Schwerstes Baryt-Crown $n_D = 1.6112$; $\bar{\nu} = 45.9$

Das Resultat der Durchrechnung ist das folgende: Die sphärischen Zonen sind klein, sie betragen im Maximum für die relative Oeffnung von 1 : 10, für die sphärische Korrektion besteht, — 0.1 mm. Der Zustand der schiefen Büschel ist für eine Hauptstrahlenneigung von etwa 30° recht befriedigend.

Der Astigmatismus ist für 28° im strengen Sinne korrigirt, und die Abweichungen von der Bildfeldebenung sind nicht beträchtlich.

E. VON HÖEGH's Einzelobjektiv mit vier reflektirenden Flächen.

Schon bald darauf, nämlich Anfang 1899, tritt uns eine zweite Konstruktion desselben Autors (*10.*) mit ebensoviel reflektirenden Flächen entgegen.

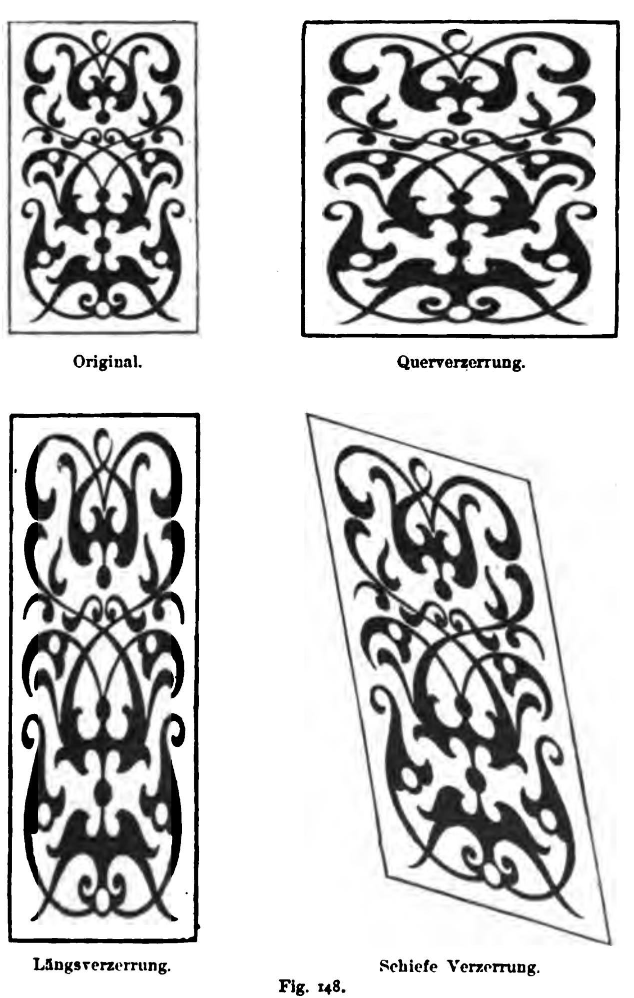
In der Beschreibung geht E. VON HÖEGH von den beiden Typen des Doppelanastigmaten aus, bei denen die zerstreuende Kittfläche aufgegeben wird. Die beiden früher verkitteten Linsen werden jetzt durch einen positiven Luftmeniskus getrennt. Ausserdem aber noch wird in weiterer Abweichung von dem alten Typus die Reihenfolge der Gläser geändert. Denn während früher die Brechungsexponenten ansteigen mussten, konnte der Konstrukteur jetzt von dieser Bedingung abgehen und an der sammelnden Kittfläche eine möglichst grosse Brechungsexponentendifferenz herbei führen, um so mit geringeren Krümmungen auszukommen. Der Patentanspruch lautete auf die Benutzung des Systems als Einzellinse oder eines aus zwei solchen Systemen gebildeten Doppelobjektivs.

Eine Durchrechnung konnte nicht erfolgen, da nähere Angaben über die Konstruktionselemente nicht gemacht sind.

d. Schluss.

P. RUDOLPH's Anamorphot.

Wenn wir im Vorhergehenden diejenigen Konstruktionen mit möglichster Vollständigkeit aufgezählt haben, die zur Zeit dem



Original. Querverzerrung.

Längsverzerrung. Schiefe Verzerrung.

Fig. 148.
Anamorphotische Aufnahmen.
Verzerrungsgrad überall
n : m = 4 : 7.

allgemeinen Gebrauch dienen, so wollen wir den Schlussabschnitt mit der Anführung eines Instrumentes beginnen, welches nur ganz

speciellen Zwecken angepasst ist und im Gebrauch mannigfache Beschränkungen auferlegt. Es ist das der im Spätherbst 1897 von P. RUDOLPH (*14.*) konstruirte Anamorphot.

Derselbe besteht aus zwei Cylinderlinsen, die axensenkrecht und einander kreuzend so aufgestellt sind, dass für den sammelnd wirkenden Hauptschnitt jeder der beiden Cylinderlinsen die Bildebene der Objektebene konjugirt ist. Somit liefert eine solche Verbindung zweier Cylinderlinsen von einem ebenen Objekt (Zeichnung, Diapositiv) scharfe Bilder in der Art, dass die Bildebene in einer Richtung eine n-fache, in der dazu senkrechten eine m-fache Vergrösserung des Originals zeigt. Man kann diese Wiedergabe der Grundzeichnung eine Wiedergabe mit dem Verzerrungsgrade n:m nennen und sieht leicht ein, dass in der Praxis von längs-, schief- und querverzerrten Aufnahmen gesprochen werden kann.

In der Patentschrift konnte auf Grund theoretischer Untersuchungen E. ABBE's gezeigt werden, dass das Bestehen anamorphotischer Abbildung bei homocentrischer Strahlenvereinigung mit Nothwendigkeit gelte für zwei und nur zwei axensenkrecht gestellte konjugirte Ebenenpaare, so zwar, dass dem Verzerrungsgrade n:m in der einen der reciproke Verzerrungsgrad $\frac{1}{n}:\frac{1}{m}$ oder m:n in der anderen Bildfeldebene entspräche. Für jede von den erwähnten abweichende senkrechte Ebene findet überhaupt keine eigentliche, scharfe Abbildung statt, sondern die Strahlenvereinigung ist dann stets anacentrisch.

E. ABBE's Erweiterung.

E. ABBE erweiterte das System zweier gekreuzter Cylinderlinsen P. RUDOLPH's noch durch Kombinationen von sphärischen Konstruktionen einmal mit Systemen von Cylinderlinsen, dann mit BREWSTER'schen Prismen*) und wies so die specifisch sammelnde Wirkung den sphärischen Linsen, die specifisch verzerrende den Zusatzsystemen zu.

Hinsichtlich der Verwendung von cylindrischen Systemen war es charakteristisch, dass dieselben nie durch nur eine Cylinderlinse repräsentirt werden konnten; vielmehr war es nöthig, dass in einem Hauptschnitt im einfachsten Falle eine sammelnde und eine zerstreuende Cylinderlinse durch einen endlichen Zwischenraum getrennt waren.

Was das andere Zusatzsystem, den BREWSTER'schen Prismensatz angeht, so musste derselbe an einer solchen Stelle in das

*) Man versteht unter einem BREWSTER'schen Prismensatz eine derartige achromatische Verbindung zweier Prismen, dass einem parallel eintretenden Strahlenbündel wiederum ein parallel austretendes Strahlenbündel entspricht, das indessen einen von dem ersten verschiedenen Querschnitt besitzt.

sphärische System eingeschaltet werden, an der ganz oder angenähert paralleler Strahlengang besteht.

Schon H. van der Weyde hatte, wie wir S. 237 sahen, die Absicht gehabt, verschiedene Vergrösserungen in verschiedenen Richtungen hervorzubringen. Er hatte diese Aufgabe aber nur lösen können mit den von ihm angewandten Mitteln, indem er mangelhafte Strahlenvereinigung in den Kauf nahm. Dieser Mangel wurde durch das Anamorphotpatent beseitigt, die verzerrten Bilder waren gleichzeitig scharf. Die Vorrichtung H. van der Weyde's war die einzige zum Zwecke der Verzerrung in unserem Sinne erdachte Konstruktion, die zu jener Zeit in der optischen Werkstätte von Carl Zeiss bekannt war.

Die Vorläufer.

Thatsächlich sind aber Vorgänger im eigentlichen Sinne vorhanden, die erst mit der Zeit aus der Vergessenheit hervortraten, und das hatte zur Folge, dass die Firma Carl Zeiss freiwillig auf das Patent Verzicht leistete.

L. Farrenc.

Der erste hier in Betracht kommende Vorläufer ist Léon Farrenc, dem schon im Jahre 1862 ein englisches Patent auf die Rudolph'sche Einrichtung des Anamorphoten ertheilt wurde. Ein vollständiges theoretisches Verständniss seiner Erfindung, so weit das astigmatische Verhalten des Systems in Frage kommt, kann aus dem zu Grunde liegenden Patent nicht geschlossen werden. Die Vorrichtung gerieth wohl ganz in Vergessenheit, ich habe wenigstens ausser der Patentschrift kein Spur derselben aufgefunden.

F. Lippich.

Einen grossen Fortschritt hinsichtlich der theoretischen Erkenntniss begegnen wir bei der zweiten Aufstellung dieses Systems, als es 1884 von F. Lippich zur Verbesserung eines Spektralapparates empfohlen wurde. Auch hier finden wir wieder die von P. Rudolph benutzte Verbindung zweier Cylinderlinsen, die sogar für sich achromatisirt sind. Die Theorie der Kombination wird aber von F. Lippich nicht übergangen, sondern es wird der Bemerkung Raum gegeben, dass die durch ein solches System gelieferten Bilder im allgemeinen anacentrisch seien, und dass nur an ganz bestimmten richtig angegebenen Raumstellen eine homocentrische Abbildung stattfinde.

J. Anderton.

Eine der Abbe'schen Formen wird schliesslich im Jahre 1889 von J. Anderton empfohlen, der einen Prismensatz in Verbindung mit einem photographischen Objektiv zur Erzielung verzerrter Aufnahmen in Vorschlag brachte.

Stand der Publicistik.

Was das publicistische Leben in der Optik angeht, soweit es nicht von den Fachleuten der optischen Anstalten ausgeht, so ist es in dem behandelten Zeitraume nicht sehr rege, denn allmählich werden die der Lösung entgegensehenden Aufgaben der geometrischen Optik so speciell, dass sie dem Abseitsstehenden keinen Reiz mehr gewähren. Häufig werden aber Themen allgemeinerer Natur, die in früheren Perioden der Optik abgehandelt waren, noch einmal aufgegriffen. Solcher Behandlung erfreuen sich besonders die Sätze der Perspektive des photographischen Objektivs und auch wohl Fragen der Tiefenschärfe.

C. Koppe's Anregung der Verzeichnungsfrage.

Besonders intensiv wurde in der letzten Zeit die Frage der Verzeichnung behandelt. In erster Linie wurde dieselbe von C. Koppe in Braunschweig aufgenommen, der infolge seiner photogrammetrischen Arbeiten auf sie stiess. Er setzte sich mit der Voigtländer'schen Anstalt in Verbindung, um von derselben ganz streng verzeichnungsfreie Objektive zu erhalten. Infolge dieser Anregung veröffentlichte D. Kaempfer einen Aufsatz (*6.*), in welchem er die Aberrationsfreiheit der Hauptpunkte als die nothwendige Bedingung für die Orthoskopie hinstellte. Dass diese Auffassung nicht zu unrichtigen Ergebnissen führte, lag an der Symmetrie der seiner Arbeit zu Grunde gelegten Konstruktion, der zufolge die Hauptpunkte mit den Pupillenmitten zusammenfielen.

Ungefähr gleichzeitig nahm O. Lummer die Frage nach der Verzeichnung in dem Müller-Pouillet'schen Lehrbuche auf, und führte sie in einigen Aufsätzen (*2.*) im Jahre 1897 zu Ende. Angeregt durch eine mündliche Besprechung mit E. Abbe konnte der Verfasser die Theorie in (*3.*) analytisch begründen und in (*5.*) den Nachweis erbringen, dass die moderne Theorie der Orthoskopie in England durch die Bemühungen von G. B. Airy, R. H. Bow und Th. Sutton schon sehr früh aufgestellt war.

O. Lummer's photographische Optik.

Der 2. Band des Müller-Pouillet'schen Lehrbuches verlangt hier noch eine kurze Besprechung von unserer Seite, soweit die photographische Optik in ihm behandelt ist. Hier ist ein Versuch gemacht, die neuesten deutschen Konstruktionen photographischer Objektive in ihrem Verhältniss zu einander zu schildern und besonders die Hälften einiger symmetrischen Doppelobjektive in ihrer Beziehung zu dem Anastigmatdoublet klar zu stellen. Im Besonderen ist für die Anastigmat-Satzlinse Serie VI eine Darstellung gegeben, der die in dieser Schrift enthaltene analog ist. In seinem sonstigen historischen Material stützt sich O. Lummer im wesentlichen auf das Eder'sche Handbuch. Auch hat er den Versuch

einer gemeinverständlichen Darstellung des RUDOLPH'schen Anastigmatprincips gemacht und dabei den ersten und wichtigsten Theil desselben mit Hilfe der neu eingeführten Ausdrücke des Neu- und Altachromaten sehr klar erläutert.

Studium der Absorptionseffekte in neuen Gläsern von J. M. EDER und E. VALENTA

Hierher gehört auch eine 1894 erschienene Abhandlung von J. M. EDER (5.) und E. VALENTA, in der ein schon früher von .. DE CHARDONNET (S. 129) behandeltes Thema, die Durchlässigkeit der Crown- und Flintgläser für Strahlen kürzerer Wellenlänge, offenbar ohne Kenntniss dieser Vorgängerschaft, aufgenommen wird. Auch V. SCHUMANN hatte bald darauf, 1885, ähnliche Untersuchungen wie .. DE CHARDONNET angestellt.

Die Verfasser dehnten ihre Untersuchungen auch auf einige der neuen Glasarten aus, und benutzten einmal Proben der gewöhnlichen Silikatgläser, andrerseits aber auch solche von Baryt-, Phosphat-, Zinkgläsern, sowie von einem Crown hoher Dispersion. Der Vorgang bei der Untersuchung war der, dass der zwischen den aus einer Legirung von Blei, Zink und Cadmium bestehenden Elektroden eines RUHMKORFF'schen Induktoriums überspringende Funke als Lichtquelle diente und 1 bis 10 Minuten durch die zu untersuchenden Glasplatten hindurch auf Bromsilbergelatineplatten wirkte. Zwei verschiedene Dicken (1 und 10 mm) der Glasplatten wurden benutzt und die Resultate in einer instruktiven heliographirten Tafel mitgetheilt, aus der man sofort ersehen kann, welche Strahlen bei den betreffenden Glasdicken und Belichtungsdauern überhaupt noch durchgelassen wurden.

Als Ergebniss der Untersuchung stellte sich die gesteigerte Durchlässigkeit der neuen Gläser heraus; dieselbe äusserte sich besonders in den Baryt- und Phosphatgläsern. Allgemein aber war die Absorption kurzwelliger Strahlen in den Flintgläsern grösser als in den Crowngläsern.

Auch die alte von A. ROSS (S. 153) experimentell behandelte Frage von der Durchlässigkeit des Canadabalsams wird hier wieder aufgenommen, und es ergiebt sich für die relativ sehr dicke Schicht von 0.1 mm ein merkbares Absorptionsvermögen erst für diejenigen Strahlen, die vom Glase an und für sich nicht mehr durchgelassen werden.

Absorptionskonstanten für den violetten Theil des Spektrums.

Eine Bestimmung der für die rechnende Optik noch wichtigeren Absorptionskonstanten im blauen und violetten Theil des Spektrums wird, wie ich (7.) unter Aufführung der wichtigsten Messungsresultate angab, erst von H. KRÜSS, H. C. VOGEL und J. WILSING in den 90er Jahren angestellt.

Rückblick auf die Entwicklung der deutschen Optik.

Wenden wir uns am Schlusse unserer Arbeit zurück zu dem Gesammteindruck der Entwickelung der deutschen Photo-Optik, so sind es hauptsächlich zwei Punkte, die daselbst deutlich hervortreten, nämlich die lebhafte Betheiligung der deutschen mathematischen Wissenschaft an unserem Probleme und die enge Verbindung von Theorie und Praxis in den optischen Werkstätten.

Diese Arbeitstheilung hat ihre Vorzüge und ihre Nachtheile. Schon sehr frühzeitig bildete sich in Deutschland ein Specialistenthum auf dem Gebiete der Photo-Optik aus, welches streng systematisch, sei es analytische Methoden, sei es trigonometrische Rechnung, für die Lösung bestimmter Probleme der photographischen Optik anwandte. Es wurde damit der Firma, die eine fähige Kraft sich zu erhalten wusste, eine grosse Erleichterung im Konkurrenzkampfe zu Theil, so dass solche ganze Zeiträume beherrschen und, gestützt auf die Ueberlegenheit der Leitung, das Aufkommen anderer selbständiger Werkstätten ungemein erschweren. Aber wo viel Licht ist, da ist auch viel Schatten: Fast völlig ohne Einsicht in das verfeinerte Handwerkszeug der Specialisten steht die Menge der Laien urtheilslos deren Leistungen gegenüber und klatscht um so bereitwilliger dem Paukenschlag marktschreierischer Aftertheoretiker zu, je seichter und oberflächlicher deren Kenntniss, je zuversichtlicher und platter deren Beurtheilung des Geleisteten ist. Der nationale Fehler des Bekrittelns grosser Leistungen und der Mangel einer für theoretisch-optische Fragen wesentliches Interesse zeigenden Fachpresse lässt kaum hoffen, dass das grelle Missverhältniss zwischen den Spitzen der Entwickelung und den breiten Massen der photographischen Liebhaber sich bald bessern werde.

Es darf ferner auch nicht verkannt werden, dass die Gefahr der Verknöcherung bei einer solchen Entwickelung naheliegt, und sie ist thatsächlich auch nicht immer vermieden worden. Grosse Geister haben mit dem Reichthum ihrer Ideen auch die Gefahren des Reichthums hinterlassen, und wir brauchen nur an C. F. Gauss und die jahrzehntelange Nachwirkung seiner Theorie auf die optischen Konstrukteure namentlich in den Fragen der Verzeichnung und der Perspektive zu denken, um zu empfinden, wie nahe auch hier den Erben die Gefahr drohte, in kraftloses Epigonenthum zu versinken. Jetzt, wo die deutsche theoretische Optik wohl Grund hat, stolz zu sein auf eine an glänzenden Erfolgen reiche Entwickelung, jetzt ziemt es am meisten, den Ruf zu erheben gegen Ausruhen auf den Lorbeeren, gegen die dem Stillstand unvermeidlich folgende Verknöcherung. Das einzige Mittel dagegen liegt aber in dem vorurtheilslosen Verfolgen der Fortschritte Anderer und im fleissigen Ausbau der eigenen Ideen: „Darum greif zu und halt zu, „wer greifen und halten kann, faule Hände müssen ein böses Jahr „haben.“

Litteraturverzeichniss.

Schreibart:	möglichste Bewahrung der Schreibart der Autoren. Englische Titel nach dem Vorgange von Ph. J. ohne Grossschreibung der Substantiva.
Quellen:	Bezeichnung erläutert im nachstehenden Verzeichniss der Abkürzungen. Sekundäre Quellen, Bearbeitungen, Uebersetzungen, Auszüge sind eingerückt.
Titel:	sind in kleinen Lettern gesperrt gedruckt, wenn sie von mir herrühren.
Sachliche Notizen:	sind in kleinen Lettern nicht gesperrt und hintereinander fort gedruckt.
Ziffern:	vor dem Titel halbfette Ordnungszahl in Klammern, massgebend war die chronologische Folge; unmittelbar hinter dem Titel oder der sachlichen Notiz Zahl der Seite, auf der sich die betreffende Erwähnung findet.

Verzeichniss der Abkürzungen.

A. J. = The American Journal of Photography. Philadelphia. Edited by JULIUS F. SACHSE. Lag mir vor seit 1891.

1891—97. Bd. **12—18.** Die einzelnen Hefte sind durchnummerirt. Im April 1897 giebt der Redakteur J. F. SACHSE seine Stellung an JOHN BARTLETT ab und Ende desselben Jahres erfährt das Erscheinen der Zeitschrift eine ein Jahr währende Unterbrechung.

1899. Bd. **19.** von JOHN BARTLETT herausgegeben.

A. N. = Astronomische Nachrichten, begründet von H. C. SCHUMACHER. Altona.

A. Z. Bl. = Allgemeine Zeitung. Beilage No. . . vom (Datum). Augsburg.

B. J. = The British Journal of Photography hat eine Reihe von Veränderungen durchgemacht: Begründet wurde es in kleinem Format etwa 16 cm × 26 cm gr. 8^0 als: The Liverpool Photographic Journal conducted by some members of the Liverpool Photographic Society.

1. = Vol. I. 1854. No. 1—12.
2. = Vol. II. 1855. No. 1—12.
3. = Vol. III. 1856. No. 35—36.
Es änderte dann vierzehntägig erscheinend seinen Namen in: The Liverpool and Manchester Photographic Journal.

4. = Vol. I. New Series. 1857. No. 1—24.
5. = Vol. II. New Series. 1858. No. 1—24.
Das heutige grössere Format — 4^0 etwa 22 cm × 28 cm — wurde nun angenommen und wiederum der Name

geändert in: The Photographic Journal. Edited by GEORGE SHADBOLT.

6. = Vol. VI. 1859. No. 85—108. Hiermit beginnt die nunmehr ununterbrochene Nummerirung mit Band- und Nummernzahl.

Infolge Kollision des Namens mit Ph. J. unseres Verzeichnisses erscheint ein neuer Titel: The British Journal of Photography. Edited by GEORGE SHADBOLT.

7. = Vol. VII. 1860.
8. = Vol. VIII. 1861.
9. = Vol. IX. 1862.
10. = Vol. X. 1863.

Im folgenden Jahre erschien der seitdem festgehaltene Titel: The British Journal of Photography. Published weekly.

11. = Vol. XI. 1864.

Indessen begann die wöchentliche Ausgabe der Zeitschrift noch nicht mit Jahresanfang, sondern erst nach G. SHADBOLT's Rücktritt mit No. 217 vom 1. Juli 1864. Als Nachfolger des Leiters finden wir ein aus drei Mitgliedern bestehendes Redaktionskomitee, nämlich GEORGE DAWSON, A.M., Prof. EDWIN EMERSON und J. TRAILL TAYLOR.

Letzterer scheint schon um diese Zeit den Posten als Editor-in-chief (No. 975) ausgefüllt zu haben. Er gab denselben im Januar 1879 auf, und W. B. BOLTON trat (S. No. 974) an seine Stelle, die er bis zum Januar 1886 (S. No. 1339) inne hatte. Um diese Zeit kehrte J. TRAILL TAYLOR aus Amerika wieder und nahm seinen alten Posten wieder ein. Er war im Stande, im Oktober 1892 eine „The Lantern Record" betitelte, monatlich erscheinende Ergänzung der von ihm geleiteten Zeitschrift hinzuzufügen. Sein Tod erfolgte am 8. Nov. 1895 während einer Erholungsreise. Als Nachfolger finden wir seit dem 22. Nov. 1895 (S. No. 1855) THOMAS BEDDING.

Das eben besprochene Journal ist hier die wichtigste Quelle gewesen. Sein Umfang erlaubte ihm, eine grosse Menge interessanter Artikel abzudrucken, und es hatte das Glück, in GEORGE SHADBOLT und J. TRAILL TAYLOR zwei langjährige Redakteure von besonderem Interesse und Verständniss für photographische Optik zu besitzen.

B. J. A. = The British Journal Photographic Almanac and Photographers daily Companion.

B. S. E. = Bulletin de la société d'encouragement pour l'industrie nationale. Paris.

B. S. F. = Bulletin de la Société Française de Photographie.

1. = 1855.
30. = 1884.
(2) **1.** = 1885.

Nicht vorgelegen haben mir die Bände **26**, 1880; **27**, 1881: (2) **1**, 1885; (2) **2**, 1886.

Ueber die Redakteure kann ich keinerlei Mittheilungen machen.

Ber. Fr. Natw. = Berichte über die Mittheilungen von Freunden der Naturwissenschaften in Wien.

C. R. = *Comptes Rendus* hebdomadaires des séances de l'académie des sciences. Paris.

D. J. = Polytechnisches Journal, herausgegeben von Dr. J. G. DINGLER. Stuttgart.

D. R. P. = Deutsches Reich. Patent. Nummerirung durchlaufend.

E. J. = Jahrbuch für Photographie und Reproduktionstechnik für das Jahr . . Unter Mitwirkung hervorragender Fachmänner herausgegeben von Dr. JOSEF MARIA EDER. Halle a. S., WILHELM KNAPP.

1.—13. 1887—1899.

E. P. = Englisches Patent. Zählung in jedem Kalenderjahr neu beginnend.

Gött. Nachr. = Nachrichten von der Königl. Gesellschaft der Wissenschaften und der Georg-Augusts-Universität in Göttingen.

H. Ph. J. = Photographisches Journal. Magazin praktischer Erfahrungen, Fortschritte, Notizen und Neuigkeiten aus dem Gebiete der Photographie; für Photographen, Maler, Zeichner und Freunde dieser Kunst, Redigirt und herausgegeben von WILHELM HORN, Leipzig. Vorgelegen haben mir:
1. = Januar—Juni 1854. No. 1—12.
2. = Juli—December 1854. No. 1—12.
5. = Januar—Juni 1856. No. 1—12.
6. = Juli—December 1856. No. 1—12.

Kr. Z. = Zeitschrift für Fotografie und Stereoskopie. Herausgegeben und redigirt von Dr. KARL JOSEF KREUTZER, Wien.
1. = 1860, No. 1—7. März—September,
2. = Oktober 1860—Jänner 1861. No. 8—12.
— — — Organ der photographischen Gesellschaft in Wien.
3. = Jänner 1861—15. Juni 1861. No. 1—12.
4. = 1. Juli 1861—Dec. No. 1—23/24.
5. = 1862. (Jan.—Juni). No. 1—11/12.
6. = 1862. (Juli—Dec.). No. 1/2—6.
7. = 1863 (Januar—Dec.). No. 1—12. Mit No. 7 dieses Jahrganges geht die Redaktion an Dr. FRANZ LUKAS über.
8. = 1864. No. 1—3.
Weiteres hat mir von der rapid herabgehenden Zeitschrift nicht vorgelegen.

Münch. Gel.-Anz. = Gelehrte Anzeigen, München.

Münch. Sitzber. = Sitzungsberichte der königl. bayer. Akademie der Wissenschaften zu München.

P. = Biographisch-Literarisches Handwörterbuch zur Geschichte der exacten Wissenschaften, enthaltend Nachweisungen über Lebensverhältnisse und Leistungen von Mathematikern, Astronomen, Physikern, Chemikern, Mineralogen, Geologen usw. aller Völker und Zeiten gesammelt von J. C. POGGENDORFF.
Bd. **1** (A.-L.), Bd. **2** (M.-Z.) Leipzig, J. A. BARTH, 1863. Bd. **3** (1858 bis 1883) I. Abtheilung (A.-L.); II. Abtheilung (M.-Z.) herausgegeben von Dr. B. W. FEDDERSEN und Prof. Dr. A. J. von OETTINGEN. Leipzig, A. J. BARTH. 1898.

Ph. A. = Photographisches Archiv. Herausgegeben von PAUL E. LIESEGANG, Elberfeld.
1. = Jahrgang 1860.
— — — — — Unter Mitwirkung von Dr. J. SCHNAUSS.
2.—7. = 61—66.
— — Herausgegeben von Dr. PAUL E. LIESEGANG, Dr. JUL. SCHNAUSS in Jena, Dr. A. WEISKE in Leipzig, ERNEST LACAN in Paris, Dr. M. CAREY LEA in Philadelphia, Prof. Dr. CH. HIMES in Carlisle etc.
8.—10. = 67—69.
Die übrigen Bände von P. E. LIESEGANG allein herausgegeben. Das Ph. A. hörte meines Wissens 1898 zu erscheinen auf.

Ph. C. = Photographische Correspondenz. Technische, artistische und commerzielle Mittheilungen aus dem Gebiete der Photographie, unter Mitwirkung der Firma OSCAR KRAMER redigirt und herausgegeben von LUDWIG SCHRANK. Wien.
1. = 1864. No. 1—6.
— — — —, unter Mitwirkung der hervorragendsten Fachmänner, redigirt und herausgegeben von LUDWIG SCHRANK.
2.—5. = 1865—1868, No. 7—54.
Photographische Correspondenz. Organ der photographischen Gesellschaft in Wien.
6. = 1869. No. 55—66.
Redakteur bleibt LUDWIG SCHRANK bis Anfang 1871. **8.**, wo Dr. E. HORNIG die Redaktion übernimmt. Die nunmehr folgenden Aenderungen am Titel beziehen sich im wesentlichen auf die Namen der Mitarbeiter und später der Gesellschaften, deren Organ die Ph. C. ist. 1885 ging, wie aus Ph. C. 1889. **26.** No. 345. 253—257, gefolgert werden kann, die Redaktion

wieder in die Hände von L. SCHRANK über, der sie auch heute noch inne hat.

Ph. J. = Die The Photographic Journal betitelte Zeitschrift hat eine Reihe von Wandlungen in der Bezeichnung durchgemacht.

Wir finden zuerst den Titel: The Journal of the Photographic Society of London. Containing the Transactions of the Society, and a general record of Photographic Art and Science.

1. = 1853—54 ed. by ARTHUR HENFREY.
2. = 1854—56 ed. by ARTHUR HENFREY.
3. = 1856—57 ed. by J. R. MAJOR.
4. = 1857—58 ed. by WILLIAM CROOKES.
5. = 1858—59 ed. by HUGH W. DIAMOND.
6. = 1859—60 ed. by HUGH W. DIAMOND.
7. = 1860—62 ed. by HUGH W. DIAMOND.
8. = 1862—64 ed. by HUGH W. DIAMOND.
9. = 1864—65 ed. by HUGH W. DIAMOND.
10. = 1865—66 ed. by HUGH W. DIAMOND.
11. = 1866—67 ed. by HUGH W. DIAMOND.
12. = 1867—68 ed. by HUGH W. DIAMOND.
13. = 1868—69 ed. by HUGH W. DIAMOND and JOHN SPILLER.
14. = 1869—70 ed. by JOHN SPILLER.

The Journal of the Photographic Society of London. Being the Transactions of the Society.

15. = 1870—73 ed. by JOHN SPILLER and H. BADEN PRITCHARD.

The Journal of the Photographic Society of Great Britain, containing the Transactions of the Society.

16. = 1873—76 ed. by H. BADEN PRITCHARD and R. J. FRISWELL.

The Photographic Journal, including the Transactions of the Photographic Society of Great Britain of the

(2) **1.** = Session 1876 to 1877 New Series.
(2) **7.** = Session 1882—83 dann
(2) **8.** = Session 1883—84 ed. by W. DE W. ABNEY.
(2) **17.** = Session 1892—93 ed. by W. DE W. ABNEY.

The Photographic Journal, including the Transactions of the Royal Photographic Society of Great Britain.

(2) **18.** = of the Session 1893 to 1894 ed. by W. DE W. ABNEY und so mit jeder Session ein neuer Band vom gleichen Redakteur bis auf die Gegenwart.

Diese älteste rein photographische Zeitung bietet namentlich in den ersten Jahrgängen eine grosse Menge von Aufsätzen, die für die photographische Optik von Wichtigkeit sind.

Ph. M. = Photographische Mittheilungen. Herausgegeben von Dr. HERRMANN VOGEL.

1. = 1863—1864.

Die Jahrgänge laufen zunächst von April—März.

Die Namen der Gesellschaften, deren Organ die Ph. M. sind, wurden hier aus dem Titel weggelassen.

— Photographische Mitteilungen. Unter Mitwirkung von Prof. Dr. H. W. VOGEL, herausgegeben von Dr. E. VOGEL.

33. = 1896—1897.

Der 35. Bd. schliesst mit dem December 1898 ab, und es beginnt mit

36. = 1899 der Zeitungsjahrgang mit dem bürgerlichen Jahr anzufangen und zu endigen.

Ph. N. = Photographic Notes edited by THOMAS SUTTON.

1.—13. = 1856—1868. Die einzelnen Hefte sind durchnummerirt. 1868 ging die Zeitschrift ein.

Phil. Mag. = The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science.

Pogg. Ann. = Annalen der Physik und Chemie, herausgegeben zu Berlin von J. C. POGGENDORFF.

U. S. P. = Amerikanisches (United States) Patent. Zählung durchlaufend.

W. B. = Sitzungsberichte der mathematisch-naturwissenschaftlichen Klasse der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften. Wien.

Z. f. I. = Zeitschrift für Instrumentenkunde. Berlin.

A.

Abbe, E.: (*1.*) Die optischen Hülfsmittel der Mikroskopie. 336.

Bericht über die wissenschaftlichen Apparate auf der Londoner internationalen Ausstellung im Jahre 1876. . . . herausgegeben von A. W. Hoffmann. Braunschweig, Fr. Vieweg & Sohn, 1878. XXVI, 846 S. gr. 8°; s. S. 383—420.

— — und Schott, O.: (*2.*) Vorbemerkungen zum Kataloge neuer optischer Gläser. 337.

Glastechnisches. Laboratorium Schott & Gen., Jena: Glasschmelzerei für optische und andere wissenschaftliche Zwecke mit Unterstützung der Kgl. preuss. Staatsregierung gegründet 1884. Productions- und Preis-Verzeichniss.

Jena, Bernhard Vopelius, Juli 1886; 20 S. 8°.

Erster Nachtrag, August 1888; 7 S.

Zweiter Nachtrag, Januar 1892; 8 S.

—, — und Rudolph, P.: (*3.*) Firma Carl Zeiss in Jena: Photographisches Triplet. 356. 357.

D.R.P. 55 313. 8. April 1890.

Siehe auch ausführlichen Auszug mit einem Zahlenbeispiel in J. M. Eder **1.** 135—138.

—, —: Improvement in photographic objectives.

E. P. 6029[90] vom 21. April.

B. J. 1890. **37.** No. 1572. 394—395.

Danach übersetzt unter dem Titel:

—, —: Verbesserungen von photographischen Objectiven.

Ph. M. 1890/91. **27.** 131—132; 148.

—, —, Bezeichnung wichtiger Blenden. 12. 14. Definition aplanatischer Punkte. 35. Sinusbedingung. 34. Bedeutung derselben für die Komakorrektion. 47. Untersuchung der chromatischen Differenz der sphärischen Aberrationen. 65. Ausnutzung der neuen Glassorten zu Mikroskopkonstruktionen. 233. Leben. 324. Beziehung zu C. Zeiss. 324. Wellentheoretische Arbeiten. 324. Geometrische Arbeiten. 325. Antheil an der Schaffung neuer Gläser. 325. Betonung der Nothwendigkeit derselben. 336. Verbindung mit O. Schott zur Schmelzung neuer Gläser. 337. Spektrometrische Untersuchung. 337. Aufgabenstellung für die Glaserzeugung. 337/338. Betheiligung an der Gründung des Glaswerks. 338. Heranziehung jüngerer Kräfte um die Mitte der 80er Jahre. 341/342. Schulung P. Rudolph's. 356. Tripletkonstruktion. 356. Astigmatische Formeln. 357. Die Möglichkeit apochromatischer Korrektion des Triplets. 357. Priorität der Schroeder'schen Konstruktion. 357. Erweiterung der Rudolph'schen Anamorphotkonstruktionen und Behandlung der Theorie des Anamorphoten. 394/395.

Ackland, W.: (*1.*) On Furnell's lens. 228/229.

B. J. 1884. **31.** No. 1275. 647—648.

—, —: (*2.*) Death of — —. 228.

Ph. J. 1894/95. (2) **19.** 207.

—, —, Satzkonstruktion auf Grund der Furnell'-Idee. 228/229.

Airy, G. B.: On the spherical aberration of the eye-pieces of telescopes. 91.

Camb. Phil. Trans. 1830. **3.** 1—64.

Auch im Sonderabdruck:

Cambridge, Smith, 1827. 68 S. 4°. m. 1 Taf.

—, —, Tangentenbedingung. 53. 396. Entwicklung der Krümmung der astigmatischen Flächen. 91.

Aldis, H. L.: (*1.*) Improvement in photographic lenses. 242.

E. P. 16 640[95] vom 5. Sept. (prov. specif.), vom 21. Mai 1896 (compl. specif.) auf die stigmatic lens.

Siehe auch:

Photographisches Objektiv aus drei getrennten Linsen bestehend.

D.R.P. 92 582 vom 15. Sept. 1895.

Meine Angabe auf S. 243, die Daten seien nicht veröffentlicht, beruht infolge dieser Publikation auf einem **Irrthum.** Ich wurde auf denselben erst gegen Ende der Drucklegung aufmerksam.

—, —: (*2.*) Astigmatism and a new „Stigmatic" lens. 242/243.

Ph. J. 1895/96. (2) **20.** 117—122.

B. J. 1896. **43.** No. 1877. 262—264 No. 1878. 280—282.

—, —, Mitarbeiter von J. H. Dallmeyer Ltd. 242. Aufstellung der astigmatischen Konstante.

242. Stellung zum Rechnen. 243. Stigmatic lens, zwei Typen. 248/244.

Anderton, J.: Improvements in lenses. 395.
E. P. 8409[99] vom 21. Mai auf ein anamorphotisches System mit Prismensatz.

Angerer, V.: Ueber eine neue Gattung Kugel-Objective von Jamin Darlot. 122.
Ph. C. 1865. 2. No. 11. 139—140.

Anonymus 1: Das Daguerréotyp auf Portraits angewandt. 251.
A. Z. Bl. 1840. No. 347. (12. Dec.) 2765. Abgedruckt aus Wiener Zeitung vom 15. November 1840. (Bericht über die Monatssitzung des nieder-österreichischen Gewerbevereins erstattet von Prof. von Ettingshausen.)
Citirung im Text vergessen.

Anonymus 2: Thalliumglas. 334.
Ph. A. 1867. 8. No. 139. 318.

Anonymus 3: Ein neuer Goerz'scher Anastigmat 1 : 5,6. 387.
E. J. 1898. 12. 182—184.

Anonymus F. X. M.: Friedrich Wilhelm von Voigtländer. 273.
Ph. C. 1865. 2. No. 17. 311—315.

Anonymus T. H.: Long and short focus. 208/209.
B. J. 1866. 13. No. 307. 138.

Arago, D. F. J., Veröffentlichung der Daguerreotypie. 94. 246. 248.

Archer, Fr. Scott, Einführung der Flüssigkeitslinsen. 155. Studium der Verzeichnung. 156. Einführung der Satzidee durch Zusatzlinsen zum Petzval-Objektiv. 155. 381. Einführung von Innenblenden. 167.

Arnold, J. A. Fr.: Die neueren Erfindungen und Verbesserungen in Betreff der optischen Instrumente. 271.
Quedlinburg u. Leipzig, G. Basse. 1833. 8°. 232 S. mit 4 Tafeln.

d'Artigues, . ., Schmelzversuche. 325.

Aubrée, . .: Traité pratique de photographie sur papier, sur verre et sur plaques métalliques. 100.
Paris, Wulff et C°. 1851. 116 S. 8°. 1—8 und 82—83.

B.

Baader, . ., Münchener Optiker, verarbeitet Ruedorfer'sches Glas. 331.

Babinet, J. s. u. H. de Senarmont.

Baille, . . und Ch. Fery, Prüfungsmethode. 142.

Balbreck, Ainé & Fils, Uebernahme der Licenz auf die Cooke lens. 241.

Bamberg, C., Beziehungen zu C. Moser. 351. Beziehungen zu E. von Höegh. 375.

Barfuss, Fr. W., Beziehungen zu C. Zeiss. 324.

Bartels s. Schulze.

v. Bauernfeind, C. M.: (1.) Joseph von Utzschneider und seine Leistungen auf staats- und volkswirthschaftlichem Gebiet. 283. 284.
Rede, gehalten am 18. Dec. 1880.
München, F. Straub, 1880. 41 S. 4°.

—, —: (2.) Gedächtnisrede auf Joseph von Fraunhofer zur Feier seines hundertsten Geburtstags. 326. 327.
München, G. Franz (J. Roth), 1887. 30 S. 4°.
Citirung im Text vergessen.

Baugh, J. H. A. s. u. P. Rudolph, (2.).

de la Baume-Pluvinel, A.: Méthode pour mesurer les distances focales des objectifs. 130/131. 134.
B. S. F. 1887. (2) 3. 235—238.

Bausch & Lomb, Uebernahme der Anastigmatlicenz. 366.

Beard, R., Licenznehmer L. Daguerre's für England. 146.

Beck, C.: The construction of photographic lenses. (A communication to the Soc. of Arts.) 233. 235. 308.
B. J. 1889. 36. No. 1501. 87—89. No. 1502. 104—106. No. 1503. 125—127.

Becquerel, Ed.: Rapport sur une Mémoire de —, intitulé: Recherches sur les rayonnements chimiqes qui accompagnent la lumière solaire et la lumière électrique. Commissaires Arago, Savary, Biot rapporteur. 103.
C. R. 1841. 12. No. 2. 101—112.

Beer'sches Gesetz. 111.

Berres, J.: (1.) Fixation und Druck von Daguerre's Lichtbildern. Wien, 26. Juli 1840. 251.
A. Z. Bl. 1840. No. 231. (18. Aug.) 1833-1834

—, —: (2.) Ueber die Verbesserung der Camera obscura und die Fortschritte in der Erzeugung der Lichtbilder. Wien, Ende Dec. 1840. 251.
A. Z. Bl. 1841. No. 11 (11. Jan.) 85—86.
D. J. 1841. 79. = (2) 29. 156—157.

—, —: (3.) Neue Aufschlüsse über das Daguerréotyp. I. Daguerréotypie in Wien. 255.
A. Z. Bl. 1841. No. 192 (11. Juli) 1531—1532. No. 193 (12. Juli) 1540—1542.

Angehängt ist II.
No. 194 (13. Juli) 1547—1549.
I. ist auch nahezu vollständig abgedruckt in D. J. 1841. 81 = (2) 31. 149—157.

Berthiot, Cl., Aplanate aus Jenaer Gläsern. 135.

Bertsch, A.: (1.) Sur le polissage des objectifs. 118.
B. S. F. 1856. 2. 166—167. 227—228.

—, —: (2.) Observations sur les objectivs de M. Voigtlander. 119.
B. S. F. 1858. 4. 30—31.

—, —: (3.) Rapport sur les objectifs orthoscopiques présentés par M. Voigtlander à la Société Française de Photographie. (Commissaires MM. Léon Foucault, Bayard, et Bertsch rapporteur.) 119.
B. S. F. 1858. 4. 67—70.

—, —: (4.) Nouvelle disposition de diaphragme imaginé par M. Voigtlander. 274.
B. S. F. 1859. 5. 93—95.

—, —: (5.) Présente des objectifs sans foyer chimique de la part de M. Voigtlander. 274.
B. S. F. 1859. 5. 219—220.

—, —: (6.) Réponse à M. Quinet. 120.
B. S. F. 1860. 6. 31—32.

Biot, J. B.: Précis élémentaire de physique expérimentale. (Troisième édition.) 89.
Paris, Deterville, 1824. 2 Tomes 8°.
S. besonders in Tome II 786 S. XI Taf. La chambre noire. 355—356.

—, — s. a. Becquerel.

—, —, Erklärungsversuch der rayons continuateurs. 108.

Blair, R., Bedeutung von aplanatic. 35. Flüssigkeitslinsen zur Aufhebung des sekundären Spektrums. 155.

Bollmann, . . ., Stellung im Streite Petzval-Voigtländer. 273.

Bontemps, G.: Guide de verrier. Traité historique et pratique de la fabrication des verres, cristaux, vitraux. 325. 330.
Paris, Librairie du dictionnaire des arts et manufactures, Rue Madame 40. 1868. 8°. XI. 776 S. S. 650—654.

—, —, Verbindung mit N. J. Lerebours und dem jüngeren . . Guinand. 332. Veröffentlichung des Guinand'schen Verfahrens. 332. Uebersiedelung nach Birmingham. 333.

Bow, R. H.: (1.) On photographic distortion. (Read at a meeting of the Edin. Phot. Soc. Nov. 6th 1861.) 198. 202/203.
B. J. 1861. 8. No 155. 417—419; No. 156. 440—442.
Auch übers. u. d. Titel:
Bow, R. H.: Ueber fotografische Verzerrung.
Kr. Z. 1862. 6. No. 3 u. 4. 46—56.

Bow, R. H.: (2.) Greenness of thelens: — its equalising effect on the illumination of the picture. 204.
B. J. 1863. 10. No. 188. 159—160; No. 189. 182.

—, —: (3.) On the curvatures of the image due to the primary and secondary foci of oblique pencils of light; and on some other points in photographic optics. 205/206. 364.
B. J. 1863. 10. No. 191. 228—231; No. 192. 254—255.

—, —: (4.) To make an absolutely correct camera copy of a chart by means of a single distorting lens. 17. 203/204.
B. J. 1863. 10. No. 201. 421—422.

—, —: (5.) On the loss of light from obliquity of incidence. 204.
B. J. 1866. 13. No. 309. 159—160.

—, —: (6.) On the uses of a pinhole camera. 206.
B. J. 1866. 13. No. 317. 256.

—, —: (7.) Communication to a method of equalising the illumination of the image in landscape photography. 205.
B. J. 1866. 13. No. 319. 281—283.

Bow-Sutton'sche Bedingung aberrationsfreier Pupillen. 53. 54. 223. 325.

—, —, Definition des Ausdrucks aplanatisch. 35. Methode den Astigmatismus darzustellen. 45. S. auch 3. Konjugirte Ebenen mit annähernder Orthoskopie. 55. Bemühungen um Auffindung Davidson'scher Arbeiten. 148. Leben. 200. Stellung zum Rechnen. 201. Graphisches Verfahren zur Auffindung konjugirter Punkte. 201.

Boyle, C. B.: The lens controversy. (Philadelphia Photographer.) 176.
B. J. 1867. 14. No. 397. 592—593.

—, —, Ratio lens. 176/177. Satzidee im ersten Stadium. 381.

Braun s. Hartmann.

Bravais, A., Zusätze zur Gauss'schen Theorie. 134.

de Brebisson, A., Nouvelle méthode photographique sur collodion donnant

des épreuves instantanées; traité complet des divers procédés. 100.
Paris, CH. CHEVALIER, 1852. 87 S. 8°. 34—35.

Breton (DE CHAMP), P.: (1.) Mémoire sur l'aberration de sphéricité et sur de nouvelles méthodes à employer pour la détruire dans les appareils composés d'un nombre quelconque de surfaces sphériques réfringentes ou réfléchissantes disposées consécutivement sur un même axe central. 107.
C. R. 1854. 39. No. 12. 528—529.

—, —: (2.) Appréciation, au point de vue mathématique, de la difficulté qu'on trouve à obtenir au daguerréotype des portraits de grande dimension. 108.
C. R. 1854. 39. No. 25. 1174—1176.

—, —: (3.) Du lieu le plus convenable des diaphragmes dans les appareils optiques. 107.
C. R. 1855. 40. No. 4. 189—192.

—, —: (4.) Mémoire sur les conditions auxquelles il faut satisfaire dans la construction des appareils optiques, pour obtenir des images qui soient exemptes de déformations. 107.
C. R. 1856. 42. No. 10. 488.

—, —: (5.) Théorie mathématique des effets de la lentille simple employée comme objectif de chambre obscure et comme besicle. 107.
C. R. 1856. 42. No. 12. 542—545; No. 16. 741—744.

—, —: (6.) Sur la courbure des surfaces focales dans le cas d'un objectif composé d'un nombre quelconque de lentilles en contact, traversé en son centre de figure par des pinceaux ou faisceaux très-minces de rayons lumineux. 108.
C. R. 1856. 42. No. 20. 960—963.

—, —, Daten über das Leben. 106.

Brewster, Sir D., Vermuthete Einwirkung auf TH. DAVIDSON. 148. Prismensatz. 394.

Brown, J.: Lenses for general purposes. 159.
Ph. J. 1854/56. 2. No. 27. 126.

Buron, .., Vorbelichtungsversuche. 108. Beziehungen zu .. FORTIER. 106. Theoretische Ansichten. 106.

Burton, W. K.: Accuracy in the description of lenses. 231.
B. J. 1886. 33. No. 1360. 336—337; No. 1361. 354.

Busch, E.: Lichtstarkes Universal-Triplet-Objectiv. 319.
Ph. C. 1867. 4. No. 35. 111—113.

—, —, in Rathenow. (Nekrolog.) 280/281.
Ph. M. 1888/89. 25. 28.

—, —, Konstruktion des Pantoskops. 281. Bekanntschaft mit der englischen Optik. 281. Herausgabe der Aplanate. 319/320.

C.

Carpentier, J., s. . . Sebert. 134.

Cauche, ..: Objectif prismatique achromatique substitué à l'objectif ordinaire dans la chambre noire destinée aux opérations photographiques, afin d'obtenir des images non renversées. 95.
C. R. 1839. 9. No. 20. 595.

Cauchois, R. A.: Instruction sur les lunettes périscopiques, inventées en Angleterre par M. WOLLASTON. 89.
Journal de Physique. 1814. 78. 305—310.

—, —, Mittel gegen Reflexbilder. 89. Glas von .. d'ARTIGUES. 325. Glas von P. L. GUINAND. 328.

Challis, J., Beziehungen zu J. T. GODDARD. 182.

Chance bros., Engagement von G. BONTEMPS. 333. Schmelzung eines Silikat-Titanglases. 336.

Charconnet . . s. . . Gasc.

de Chardonnet, ..: Sur la transparence actinique des verres d'optique. 129/130. 397.
B. S. F. 1884. 30. 253—256.

Chevalier, V.: (1.) Rapport fait par M. HACHETTE, au nom d'une commission spéciale, sur un prisme convexe de chambre obscure, présenté par M. VINCENT CHEVALIER aîné, opticien, quai de l'Horloge, n° 69, à Paris. 89.
B. S. E. 1820. 19. 6—9.

—, —: (2.) Description de la chambre obscure à prisme ménisque, de l'invention de M. VINCENT CHEVALIER l'aîné, opticien, quai de l'Horloge, n° 69, à Paris. 90.
B. S. E. 1823. 22. 297—300 mit 5 Figuren.

—, —, Daten über das Leben. 89.

Chevalier'sche Achromatisirung des WOLLASTON'schen Meniskus. 93.

Chevalier, Ch.: (1.) Notice sur l'usage des chambres obscures et des chambres claires. 86.

Paris, Ch. Chevalier, deuxième édition, 1833. VIII, 96 S. 8°.

Première partie: Instruction théorique et pratique sur la construction et l'usage de la chambre obscure. S. 5—38.

Enthält die Uebersetzung von W. H. Wollaston's Arbeit:

On a periscopic camera obscura and microscope.

Ausserdem auch den Inhalt der vorstehend aufgeführten beiden Berichte über die Prismen des V. Chevalier.

—, —: (2.) Modifications apportées à différentes pièces de l'équipage photographique et notamment à la chambre obscure.

C. R. 1841. 12. No. 10. 447.

Citirung vergessen, Inhalt benutzt auf S. 95. Ende.

—, —: (3.) Sur quelques modifications apportées à des instruments d'optique. 97. 98. 248.

C. R. 1841. 13. No. 4. 233—234.

—, —: (4.) Mélanges photographiques. Complément des nouvelles instructions sur l'usage du daguerréotype. 95. 96. 97. 98. 252.

Paris, im Selbstverlag und bei Baillière. 1844. 128 S. 8°. Mit 1 Tafel.

—, —: (5.) Guide du photographe. 93. 96. 100.

Paris, Ch. Chevalier. 1854. 3 Theile. 80. 112, 56 S. gr. 8°.

—, —: (6.) Observations sur la construction des objectifs. 118.

B. S. F. 1856. 2. 223—226.

—, —, Daten über das Leben. 93. Einführung der Satzidee. 95. 143. 248. 381. Fernrohr-Doppelobjektiv. 95. 247/248. Abhilfe gegen den Blendenfleck. 96. 97. Aktinische Korrektion. 97. 98. Benutzt Glas von .. Maës und Th. Daguet. 97. 334. Umkehrprisma, Umkehrspiegel und Irisblende. 97. 121. Preisbewerbung mit dem Doppelobjektiv. 98. Erhält die Platinmedaille. 98. Streit mit J. Reindl um die Priorität von J. Petzval. 98. 254. Allmähliche Verdrängung des Objektivs. 99—101. Polemik gegen die Petzval'schen Objektive. 100. 254.

Chevalier, A.: Étude sur la vie et les travaux scientifiques de Charles Chevalier. 93. 101.

Paris, Bonaventure et Ducessois, 1862. 215 S. gr. 8°.

Civiale, . ., s. u. Ad. Martin. (1.) 126.

Clairaut'sche Bedingung (der Verkittbarkeit). 138.

Clark, A. G.: Photographic lens. 232.

U. S. P. 399499 vom 12. März 1889.

Siehe auch:

E. J. 1890. 4. 266.

Claudet, A. F. J.: (1.) Note sur une des causes qui peuvent nuire à la netteté des images obtenues par les procédés photographiques. 102.

C. R. 1844. 18. No. 21. 954—955.

—, —: (2.) Extraits d'une lettre de M. Lerebours à M. Arago sur les rayons destructeurs et les rayons continuateurs. 103.

(Enthält Auszüge aus A. F. J. Claudet's Briefen.)

C. R. 1847. 25. No. 21. 763—764.

—, —: (3.) Researches on the theory of the principal phaenomena of photography in the daguerreotype process. 101. 104. 157.

Phil. Mag. 1849. (3.) 35. 374—385.

—, —: (4.) Description of the dynactinometer, an instrument for measuring the intensity of the photogenic rays and comparing the power of object-glasses; with observations on the difference between the visual and photogenic foci, and their constant variation. (Br. Assoc. 7. Aug. 1850). 104.

Phil. Mag. 1851 (4.) 1. 478—490.

Siehe auch Uebersetzung u. d. Titel:

—, —: Beschreibung des Dynaktometers, eines Instruments um die Intensität der photogenischen Strahlen zu messen, nebst Bemerkungen über die Differenz des Gesichtsfokus und des photogenischen Fokus.

D. J. 1852. 123 = (3.) 23. 223—237.

—, —: (5.) On a self-acting focus-equaliser, or the means of producing the differential movements of the two lenses of a photographic optical combination, which is capable, during the exposure, of bringing consecutively all the planes of a solid figure in focus, without altering the size of the various images superposed. (Read at a meeting of the London Photographic Society, May 14th 1867.) 313/314.

B. J. 1867. 14. No. 367. 232—233.

Claudet, A. F. J.: (6.) The Late M. 102.
B. J. 1868. 15. No. 400. 2—3.

—, —, Focusmesser s. u. Ross-Claudet'scher Focusmesser. Licenz auf Ausübung der Daguerreotypie in England. 102. Stellung zu den französischen Optikern. 102.

Clement, .. & Gilmer, .., Beziehungen zu M. Houdaille. 141.

Coddington, H., Einfluss G. B. Airy's. 92.

Cooke, T. & Sons, Beziehung zu H. D. Taylor. 237. Stellung zur Cooke lens. 240.

Cornelius, R., Photograph in Philadelphia. 145/146.

Cornelius, W., persönliche Mittheilungen über I. Porro. 110.

Coutures, Ch., bemerkt das sekundäre Spektrum in photographisch korrigirten Systemen. 105.

Cundell, Geo. S.: (1.) On the practice of the calotype process of photography 153/154.
Phil. Mag. 1844. (3.) 24. 321—332. May.

—, —: (2.) On a combination of lenses for the photographic camera obscura. 154. 288.
Phil. Mag. 1844. (3.) 25. July. Dec. 173—175. Sept.
Siehe auch den partiellen Abdruck u. d. Titel:
On an early combination of lenses.
B. J. 1866. 13. No. 308. 152—153.

—, —, Chromatische Korrektion durch Blaufärbung der Linsensubstanz. 154. Konstruktion eines symmetrischen Objektivs mit Mittelblende. 154. 175.

Czapski, S.: (1.) Mittheilungen über das glastechnische Laboratorium in Jena und die von ihm hergestellten neuen optischen Gläser. 336. 337. 338. 339.
Z. f. I. 1886. 6. 293—299; 335—348.

—, —: (2.) Theorie der optischen Instrumente nach Abbe. 33.
(Sonderdruck aus dem Handbuch der Physik von A. Winkelmann. Bd. II.)
Breslau, Trewendt, 1893. VIII, 292 S. gr. 8°.

—, —, Besprechung der glastechnischen Resultate W. V. Harcourt's. 336. Referat über H. Schroeder. (4.) 347. Angaben über E. von Höegh. 375.

D.

Daguerre, L.: Historique et description des procédés du daguerréotype et du diorama. 93.
Nouv. Ed. Paris, Alph. Giroux & CIE, 1839. 76 S. 8° m. Tafeln.
Häufig erschien separat auch der zweite Theil, wie:
Daguerre, L.: Déscription pratique des procédés du daguerréotype et du diorama.
Berlin, Ad. Mt. Schlesinger, 1840. 23 S. 8° mit den gleichen Tafeln wie oben.

Daguerre, L., Bestreben, das Bild in der Camera obscura zu fixiren. 88. Beziehungen zu den Chevalier's. 93.

Daguet, Th., Glas. 97. Nachfolger von A. Guinand. 332. Beziehung zu H. Schroeder. 336. Versuch, Magnesium-Crown zu schmelzen. 336.

Dallmeyer, J. H.: (1.) On the nature of distortion, as produced by the present forms of view-lenses, and on a lens or combination of lenses, free from this defect. 191.
Ph. J. 1859/60. 6. No. 98. 247—251.
Auch übersetzt u. d. Titel:
—, —: Ueber die Beschaffenheit der Verzerrung, welche durch die gegenwärtig gebräuchlichen Objektive erzeugt wird, und über eine Linse oder Verbindung von Linsen, welche von diesem Fehler frei ist.
Kr. Z. 1860. 2. 289—293.

—, —: (2.) The triple achromatic lens. 191.
Ph. J. 1862/64. 8. No. 138. 368—371.
Dazu gehörig:
—, —: The invention of the triple achromatic lens. 191.
Ph. J. 1862/64. 8. No. 141. 444—446.

—, — (3.) Improvements in the construction of lenses, which improvements are especially applicable to lenses for photographic purposes. 192.
E. P. 2539 [64] vom 14. Okt. auf die dreifache Landschaftslinse.

—, —: (4.) On a new form of landscape lens, including a large angle of view. 192.
B. J. 1865. 12. No. 260. 221—222.
Ph. J. 1865/66. 10. No. 156. 31—33.

—, —: (5.) An improved photographic lens. 180.
E. P. 396 [66] vom 8. Feb. auf ein Triplet aus drei Einzellinsen.
Dazu gehörig:
—, —: Improvements in compound lenses suitable for photographic uses. 180. 217.
E. P. 1641 [66] vom 18. Juni wiederum auf ein

Triplet aus drei Einzellinsen und die Verschiebbarkeit der Bestandtheile eines Portraitobjektivs zur Einführung sphärischer Aberration.

Beide Patente sind besprochen in:

Dallmeyer, J. H.: New lenses.
B. J. 1867. **14.** No. 355. 88—89.

Dallmeyer, J. H.: (*6.*) Improvements in compound lenses suitable for photographic uses. 210/211.
E. P. 2502[66] vom 27. Sept. auf „wide angle rectilinear" und die Modifikation des Portraitobjektivs.
Siehe auch den Abdruck u. d. Titel:
—, —: New patent in lenses.
B. J. 1867. **14.** No. 368. 246—247.

—, —: (*7.*) On a new portrait-lens. 217.
Ph. J. 1866—67. **11.** No. 176. 160—164.

—, —: (*8.*) On the cause of the central spot, or „flare", in photographic lenses; and on a new form of wide angle rectilinear lens entirely free from this defect. 199. 217.
B. J. 1867. **14.** No. 372. 288—291.
Ph. J. 1867/68. **12.** No. 182. 49—54.
Uebersetzt u. d. Titel:
—, —: Ueber die Ursache des Lichtflecks bei photographischen Linsen und über eine neue Art Weitwinkellinse, die von diesem Mangel frei ist.
Ph. M. 1867/68. **4.** No. 42. 133—143.

—, —: (*9.*) On the choice and use of photographic lenses. 218.
Referat im B. J. 1872. **19.** No. 625. 198—199.

—, —: (*10.*) The new lens. 213.
B. J. 1874. **21.** No. 761. 585; No. 763. 609—610. 1875. **22.** No. 765. 11; No. 767. 35.

—, —: Nekrolog: The late Mr. J. H. Dallmeyer, F. R. A. S. 218/219.
B. J. 1884. **31.** No. 1237. 37—38.

—, —, Triple achromatic lens. 169/170. Abstandsänderungen im Petzval'schen Portraitobjektiv zur Einführung sphärischer Aberrationen. 181. Einwanderung nach England und verwandschaftliche Beziehungen zu A. Ross. 189. Polemik gegen Th. Grubb's aplanatic lens. 191/192. Stellung zu Th. Grubb und A. Steinheil. 210—214. Aeusserung zum Steinheil'schen Aplanaten. 212. Wide angle rectilinear. 214/215. Rapid rectilinear. 215. Modifikation des Petzval'schen Portraitobjektivs. 215. Daten über sein Leben. 218/219. Umwandlung der optischen Werkstätte in eine Aktiengesellschaft. 241. Portrait rectilinear. 319.

Dallmeyer, Th. R.: (*1.*) A suggestion for an alteration of the Photographic Society's „Standard". 220.
B. J. 1886. **33.** No 1377. 601.

Dallmeyer, Th. R.: (*2.*) Improvements in photographic lenses. 230/231.
E. P. 1583[88] vom 2. Febr. auf die „rectilinear landscape lens".
Abgedruckt in:
The Photogr. News 1889. **33.** No. 1586. 59.
Uebersetzt u. d. Titel:
Dallmeyer's einfache Linse nach der Patentbeschreibung vom 2. Februar 1888.
Ph. C. 1889. **26.** No. 344. 224—225.
Siehe auch:
Ph. C. 1888. **25.** No. 332. 189—191.

—, —: (*3.*) The form and application of single landscape lenses. 231.
Ph. J. 1888/89. (2.) **13.** 95—98.

—, —: (*4.*) Photographic lenses. (A communication to the Soc. of Arts.) 235/236.
B. J. 1890. **37.** No. 1566. 292—296; No. 1567. 312—313.
Ph. J. 1889/90. (2.) **14.** 188—201.
Uebersetzt u. d. Titel:
Ueber photographische Linsen.
E. J. 1891. **5.** 342—365.

—, —: (*5.*) Reflections combined with refractions. 236.
Ph. J. 1891/92. (2.) **16.** 103—105.
B. J. 1892. **39.** No. 1658. 103—104.

—, —: (*6.*) The new „stigmatic" lens (f/6) and the „astigmatic corrector". 244.
Ph. J. 1896/97. (2.) **21.** 167—171.
B. J. 1897. **44.** No. 1928. 246—247.

—, —, Aehnlichkeit der new rectilinear landscape lens mit einer Goddard'schen Konstruktion. 230. Stellung zur rechnenden Optik. 233. Sekundäre Erfindung des Teleobjektivs. 236. Ausführung der stigmatic lenses. 244. Konstruktion des Korrektors analog dem von J. A. Knapp. 244.

Dancer, J. B.: (*1.*) Improvements in photographic cameras, and in the apparatus connected therewith. 158.
E. P. 2064[56] vom 5. Sept. — Enthält auch die Rotations- und Schieberblenden.

—, —: (*2.*) Early photography in Liverpool and Manchester. 146.
B. J. 1886. **33.** No. 1362. 372—373.

Darlot, Alph., Nekrolog s. S. 122. Objektivsatz. 122. 227. Stellung als Satzkonstrukteur zu Th. Davidson und J. Zentmayer. 123. Herausgabe eines Aplanatsatzes und Bekanntwerden desselben in London. 227.

Darwin, L.: Photographic lens testing at Kew. 231.
Ph. J. 1892/93. (2.) **17.** 65—74.
Dazu gehörig:

—, —: On the method of examination

of photographic lenses at the Kew observatory. (A communication to the Royal Society.) 231.

B. J. 1892. 39. No. 1695. 696—697; No. 1696. 713—714; No. 1697. 729—730; No. 1698. 743—745; No. 1699. 760—761; No. 1700. 774—776; No. 1701. 792—795; No. 1702. 809—810.

Davanne, A.: (1.) Objectifs hémisphériques de M. Darlot. 122.

B. S. F. 1866. 12. 36—38.

—, —: (2.) Note suivante sur les objectifs hémisphériques construits par M. Darlot. 122.

B. S. F. 1866. 12. 86—88.

—, —: (3.) Rapport de la Commission des objectifs. 130.

B. S. F. 1884. 30. 148—149.

—, —: (4.) Notice nécrologique sur Ad. Martin. 136.

B. S. F. 1896. (2.) 12. 314—315.

—, — s. u. Ad. Martin. (1.) 126.

Davidson, Th.: (1.) Description of the process of daguerreotype, and remarks on the action of light in that process, both in respect to landscape and miniature portraits. (Read before the Soc. of Arts for Scotl. Nov. 23. 1840.) 147.

The Edinb. new Philos. Journ. cond. by Rob. Jameson. Oct. 1840 — April 1841. 30. 178—182.

—, —: (2.) A new achromatic apparatus for enlarging photographs. 148.

B. J. 1864. 11. No. 231. 389.

—, —: (3.) On the utility of stops and diaphragms, and their proper positions according to the focal length, diameter of lens, and angle of view to be included, &c. 148.

B. J. 1864. 11. No. 233. 411.

—, —, Stellung zu Alph. Darlot. 123. Titel einer Reihe von Schriften. 148. Vermuthete Beziehungen zu D. Brewster. 148. Fabrikation des Petzval-Objektivs. 151. Entwicklung der Satzidee. 159. 381.

Davis, T. S.: Report of the „Lens Committee“ to the Council of the Photographic Society of Great Britain. 220.

B. J. 1882. 29. No. 1159. 414.

Debenham, W. E.: (1.) Arranging the sizes of diaphragms, and a method of finding the equivalent focus. 220.

B. J. 1879. 26. No. 1010. 440—441.

Hierzu gehörig:

Debenham, W. E.: Arranging the sizes of diaphragms.

B. J. 1881. 28. No. 1118. 448—450.

—, —: (2.) Historical note on lenses. 214.

B. J. 1890. 37. No. 1583. 563—564.

—, —, Aeusserungen über die Bildfeldkrümmung Grubb'scher Doppel-Objektive. 166.

Derffel, J., Schüler J. Petzval's, spricht über dessen Untersuchungen. 160.

Derge, O., Beziehungen zu C. Moser. 350.

Derogy, E.: (1.) Improvements in instruments and apparatus applicable to photographic purposes. 121. 143.

E. P. 860[58] vom 20. April auf ein Satzobjektiv.

—, —: (2.) Prisme redresseur. 128.

B. S. F. 1878. 24. 61—62.

Auch u. d. Titel:

—, —: New reversing lens.

B. J. 1878. 25. No. 931. 115.

Derogy-Wallet, . .: Note sur la construction des objectifs. 106.

B. S. F. 1857. 3. 179—181.

Dietzler, C.: Preis-Courant No. 14. Wien, im Juli 1862.

Kr. Z. 1862. 6. No. 1 u. 2. 29—32.

—, —, Konkurrenz gegen Fr. Voigtländer. 162. Verbindung mit J. Petzval. 258. 262. Patent auf die Petzval'sche Landschaftslinse. 260, 261.

Dollond, J., Achromatische Fernrohre. 58. 325. —, G., Neffe des vorigen, Mitglied der Glaskommission von 1824. 333.

Donné, A.: Images photogéniques d'objets microscopiques. 95.

C. R. 1840. 10. No. 8. 339.

Draper, J. W.: (1.) Portraits in daguerreotype. 145.

Phil. Mag. 1840. (3.) 16. 535.

—, —: (2.) On the process of daguerreotype and its application to taking portraits from the life. 99. 146.

Phil. Mag. 1840. (3.) 17. 217—225.

Duncker, J. H. A., Begründer der optischen Industrie Rathenows. 280.

—, E., Sohn des vorigen, Erweiterung der Rathenower Fabriken. 280.

E.

Eder, J. M.: (1.) Die photographischen Objective ihre Eigenschaften und Prüfung. (Drittes Heft des Ausführlichen Handbuches der Photographie desselben Autors.)

Halle, W. Knapp, 1882. 8°. I—VI, 207—314.

Hier immer citirt nach:
Eder, J. M.: Die photographischen Objektive, ihre Eigenschaften und Prüfung. (Viertes Heft des Ausführlichen Handbuches der Photographie desselben Autors.) Ist citirt für: É. Français. 94. Th. R. Dallmeyer. 230. J. Petzval. 250. 262. Fr. Voigtländer. 271. 273. 274. 276. E. Busch. 281. A. Steinheil. 288. 289. 294. 298. 299. 300. 302. 303. 305. 306. 320. A. Miethe. 353.
Halle, W. Knapp, 1891. 8°. VIII, 273 S.

—, —: (2.) É. Français' Rectilinear-Objective. 129.
Ph. C. 1883. 20. No. 257. 221—225.

—, —: (3.) Neuer lichtstarker Aplanat mit verstellbaren Linsen von Dr. A. Steinheil in München. 300.
Ph. C. 1885. 22. No. 299. 277—280.

—, —: (4.) Nachruf an Dr. Adolf Steinheil. 289.
Ph. C. 1893. 30. No. 399. 561—563.
Citirung im Text vergessen.

—, — und Valenta, E: (5.) Absorptionsspectren von farblosen und gefärbten Gläsern mit Berücksichtigung des Ultraviolett. 397.
Wien. Denkschr. Math.-naturw. Cl. 1894. 61. 285—295; auch S.-A. Wien, F. Tempski, 11 S. 4° mit 1 heliogr. Tafel.
Ph. C. 1894. 31. No. 407. 386—393; No. 408. 421—432 ohne die heliogr. Tafel.

—, —: (6.) Das erste Petzval'sche Portraitobjectiv. 253.
Ph. C. 1899. 36. No. 464. 274—276.
Siehe auch:
Ph. M. 1899. 36. 167.
Und u. d. Titel:
Petzval's first portrait lens.
B. J. 1899. 46. No. 2038. 325.

von Ettingshausen, A.: Über den Voigtländer'schen Apparat zur Erzeugung photographischer Portraite. (Verh. des niederöster. Gewerbevereins 1841. 3. Heft.) 251. S. a. Anonymus 1.
D. J. 1842. 83. = (2.) 33. 85—86.

—, —, Besuch bei Ch. Chevalier. 98. 99. 247. Beziehungen zu J. Petzval. 248. 249.

Euler, L., Flüssigkeitslinsen zur Aufhebung des sekundären Spektrums. 155.

F.

Fabre, Ch.: (1.) Traité encyclopédique de Photographie. Tome I. 133. 314. 318.
Paris, Gauthiers-Villars et Fils, 1889. 512 S. gr. 8°.

Fabre, Ch.: Premier Supplément. A. 133.
Ebenda, 1892. 400 S. gr. 8°.

—, —: Deuxième Supplément. B. 133. 142.
Ebenda, 1897. 424 S. gr. 8°.

—, —: (2.) Sur quelques nouveaux objectifs photographiques construits par M. Zeiss. 135.
B. S. F. 1891. (2.) 7. 129—140.

—, —: (3.) Présentations. 135. 332. 338.
B. S. F. 1892. (2.) 8. 69—72.

—, —, Hinweis auf die Jenaer Gläser. 135.

Faraday, M., Mitglied der Glaskommission von 1824. 333. Erfindung des schweren Flints 333.

Farrenc, L.: An improved method and apparatus for the production of photographic and stereoscopic portraits and pictures. 395.
E. P. 1458[62] vom 14. Mai durch R. A. Brooman auf ein anamorphotisches System.

Faye, H. s. u. H. de Senarmont. 109.

Feil-Guinand, Besitzer der Usine de St. Gobain. 130; d. h. Ed. Feil ist Nachfolger des jüngeren Guinand, 332, und hat als Nachfolger Ed. Mantois. 338.

Feret'sches Schmelzverfahren, refoulage. 90.

Ferris, C.: Apertures for stops for lenses. (Phot. Times). 220.
B. J. 1885. 32. No. 1319. 525.

Fery, Ch. s. u. . . Baille.

Finsterwalder, S., s. u. L. Seidel (6.).

—, —, Hinweis auf W. R. Hamilton. 92. Fortführung der Seidel'schen Theorie. 292.

Fizeau, H.: Rapport sur le prix Bordin décerné par l'Académie des Sciences en 1862. 121.
B. S. F. 1862. 8. 327—330.

—, — s. u. L. Foucault. 103.

Forti, A.: (1.) Determinazione di un apparecchio fotografico acromatico a tutte le distanze dell' oggetto e formato con la combinazione di due lenti composte, ambedue di fuoco positivo, ovvero una di fuoco positivo e l'altra di fuoco negativo o virtuale. (Estratto dal Nuovo Cimento. 14. 1861. Nov.-Dec.) 116.
Pisa, Pieraccini, 1862. 30 S. 8° m. 1 Taf.

—, —: (2.) Dimonstrazione della similitudine della immagine con l'oggetto riprodotto conservata anche per campi assai grandi da un apparato fotografico determinato analiticamente acro-

matico a tutte le distanze dell' oggetto e preceduta da cenni storici della teorica dell' acromatismo degli stromenti ottici. (Estratto dal Nuovo Cimento. 1863. März.) 116.
Pisa, PIERACCINI, 1863. 34 S. 8°.

Forti, A., Achromasie durch Blaufärbung des Objektivs. 116. Einführung von Cylinderflächen. 116.

Fortier, .., Beziehungen zu .. BURON. 106.

Foucault, L.: Observations de M. M. FOUCAULT und FIZEAU concernant l'action des rayons rouges sur les plaques daguerriennes. (Lettre de M. FOUCAULT à M. ARAGO.) 103.
C. R. 1846. 23. No. 14. 679—682.

Français, É., Französische Landschaftslinse. 94. Satzobjektiv. 129. 143. 321. Daten über das Leben. 129.

Fraunhofer, J.: (1.) Bestimmung des Brechungs- und Farbenzerstreuungs-Vermögens verschiedener Glasarten, in Bezug auf die Vervollkommnung achromatischer Fernröhre. 329/330.
Denkschr. d. k. Akad. München. 1817. 5. 193—226.
Von ihm selbst übersetzt:
—, —: Détermination du pouvoir refringent et dispersif de différentes espèces de verre, recherches destinées au perfectionnement des lunettes achromatiques.
A. N. 1823. 1. No. 2. 13—45.

—, —: (2.) Versuche über die Ursachen des Anlaufens und Mattwerdens des Glases und die Mittel, denselben zuvorzukommen. 328/329. 1817. Anhang 1819. Von SIGMUND V. MERZ nach dem im Archiv des FRAUNHOFER'schen optischen Instituts hinterlegten Manuskript im Jahrgang 1866. 44. Sp. 1—19 des „Kunst- und Gewerbe-Blatt's des polytechnischen Vereins für das Königreich Bayern".
Alle FRAUNHOFER'schen Schriften finden sich und sind hier benutzt nach:
Lommel, E.: JOSEPH VON FRAUNHOFER's gesammelte Schriften.
München, G. FRANZ, 1888, 4°. XV, 310 S.

—, —, Nekrolog, bez. Lebensbeschreibung: C. M. BAUERNFEIND (2.) und E. VOIT, sowie L. LOEWENHERZ (2. 411—415).

—, —, Linien. 59. Poliren nach Probeglas. 283/284. Bedingung (Bezeichnung nach L. SEIDEL) mit der Sinusbedingung identisch. 291. Unvereinbarkeit mit der HERSCHEL'schen Bedingung. 292. Verbesserung von P. L. GUINAND's Schmelzverfahren. 327. Erzielung grosser Scheiben. 328. Der Einfluss der chemischen Zusammensetzung des Glasflusses. 328—330. Tabellarische Zusammenstellung über sieben seiner Gläser. 329/330. Stellung in der Glastechnik. 330/331.

Fresnel'sche Beleuchtungsapparate. 257.

Fritsch, K., vormals PROKESCH, Uebernahme der Anastigmatlicenz. 366.

Furnell, Th.: Photographic lens suitable for landscapes and architecture. 227/228.
B. J. 1883. 30. No. 1199. 238—239.
Dazu gehörig:
—, —: The FURNELL lens.
B. J. 1884. 31. No. 1276. 664—665.

—, —, Unsymmetrisches Satzobjektiv. 227/228. 381. Satzidee, aufgenommen durch H. D. TAYLOR. 240.

G.

Gambey, H. P. s. u. H. V. Regnault, 119.

Gasc .. & Charconnet .., Pariser Optiker. 174. 279.

Gaudin'sche Vorbelichtungsversuche. 103.

Gauss, C. F., Theorie der Linsensysteme. 3. 4. Theorie wirkt verwirrend. 139. 398. Objektivtypus verwendet von A. G. CLARK. 232. Objektivtypus verwendet von P. RUDOLPH. 390.

Gilbert'sche Werkstätte wird von A. Ross geleitet. 148.

Gilmer, .. s. u. .. Clement.

St. Gobain, Usine de — s. Feil-Guinand. 130.

Goddard, J. T.: (1.) Practical cases: large and small lenses. 181.
Ph. J. 1854/56. 2. No. 29. 152—153.
Siehe auch das Referat über diese Arbeit in:
B. J. 1855. 2. No. 17. 57—58.

—, —: (2.) The achromatic plano-convex lens. 181.
Ph. J. 1857/58. 4. No. 62. 144—146.

—, —: (3.) The achromatic meniscus lens. 182.
Ph. J. 1857/58. 4. No. 66. 217.

—, —: (4.) On the distortion of the view lens. 182/183.
Ph. J. 1857/58. 4. No. 68. 249—250.

—, —: (5.) The field of an achromatic lens. 182.
Ph. J. 1858/59. 5. No. 70. 25.

—, —: (6.) Cemented achromatic lenses. 182. 183.
Ph. J. 1858/59. 5. No. 78. 173—174; No. 81. 237—239; No. 85. 303. (Druckfehlerber.)

Goddard, J. T.: (*7.*) The field of a lens by observation. 183.
Ph. J. 1859/60. 6. No. 92. 105—108.

—, —: (*8.*) Double periscopic landscape lenses &c. 183.
Ph. N. 1860. 5. No. 99. 135—137.
Uebrigens auch als ein Auszug desselben Inhalts aus seinen Beobachtungsbüchern enthalten in: und hier benutzt:
B. J. 1869. 16. No. 485. 397—398 unter dem Titel:
Non distorting lenses. GODDARD's researches.

—, —: (*9.*) Notes on the oblique pencils. 182.
Ph. J. 1860/62. 7. No. 117. 349—351.
Ph. J. 1862/64. 8. No. 119. 12—13; No. 121. 50—52; No. 129. 209—212; No. 134. 202; No. 135. 310—312; No. 140. 420—423.
Ph. J. 1864/65. 9. No. 144. 28—30.

—, —: (*10.*) Compound landscape-lens 154. 163. 164. 181.
Ph. J. 1864/65. 9. No. 148. 9—10.

—, —, Periskop-Konstruktion. 154. 163. Compound landscape lens. I. 163, II. 164, double periscopic landscape lens. 164. Französische Landschaftslinse. 163. Mit planer Kittfläche. 164. Leben. 181. Beziehungen zu R. POTTER und J. CHALLIS. 182. Stellung zum Rechnen. 183. Aehnlichkeit der double periscopic lens mit einer DALLMEYER'schen Konstruktion. 230. Aehnlichkeit mit C. ZEISS. 323/324.

Goddard, P. B., Empfindlichkeitssteigerung durch Bromsilber. 145/146.

Goerz, C. P., Patente s. unt. E. VON HÖEGH.

—, —, Vorführung des Doppelanastigmaten zu Paris. 141. Vorführung des Doppelanastigmaten in London. 236. Engagement von C. MOSER. 351. Vermuthete Ausführung einer seiner Konstruktionen. 351. Gewinnung von E. VON HÖEGH. 375. Verzögerung der Herausgabe der fünftheiligen Einzellinse. 387.

Gorde, A.: Le synoscope, nouvel objectif grand angle. 141.
B. S. F. 1893. (2.) 9. 115.

Gotz, J. R.: The examination of photographic lenses. (Photographic Club.) 239.
B. J. 1895. 42. No. 1825. 264—268; No. 1826. 281—282.

Govi, G.: Diaphragme à ouverture variable. 121.
B. S. F. 1858. 4. 146/147.

Grubb, Th.: (*1.*) On view lenses. 185. 195.
Ph. J. 1854/56. 2. No. 26. 112—113; No. 28. 138—140; No. 31. 187—189.

—, —: (*2.*) On lunar photography. 188.
Ph. J. 1856/57. 3. No. 54. 279—281.
B. J. 1857. 4. 112—114.

Grubb, Th.: (*3.*) On some of the optical principles involved in the construction of photographic lenses. 184. 185.
Ph. J. 1857/58. 4. No. 61. 108—111; No. 64. 172—174.
B. J. 1858. 5. 9—10; 85—86.

—, —: (*4.*) Proposed standard rules for the dimensions of lenses. 165.
Ph. J. 1857/58. 4. No. 61. 126—127.

—, —: (*5.*) On the value of a „stop" to a view lens. 188.
Ph. J. 1857/58. 4. No. 63. 162—163.

—, —: (*6.*) Description of a large sized portable camera with an improved support for the same. 165.
Ph. J. 1857/58. 4. No. 66. 219—221.

—, —: (*7.*) An improved photographic lens. 165.
E. P. 2574[57] vom 8. Okt. auf die einfache Landschaftslinse und ihre Zusammensetzungen.

—, —: (*8.*) On a new patent compound view lens for photographic cameras. (Read Friday evening March 26[th.] 1858.) 160. 165.
Journ. Roy. Dublin Soc. 1858—59. 2. 27—29.
Siehe auch:
—, —: Mr. Grubb's new lens.
Ph. J. 1857/58. 4. No. 67. 237.

—, —: (*9.*) Screw adjustment for stereoscopic lenses. 165.
Ph. J. 1857/58. 4. No. 68. 257.

—, —: (*10.*) On the effects produced by enlarging the aperture of the photographic lens. 188.
Ph. J. 1858/59. 5. No. 82. 247—248.

—, —: (*11.*) On the optical centre. 185/186. 219.
B. J. 1860. 7. No. 111. 33—34; No. 112. 45—47; No. 115. 92—93.

—, —: (*12.*) Perspective and distortion. 187/188.
B. J. 1860. 7. No. 114. 74—76; No. 118. 143—144.

—, —: (*13.*) On the equivalent focus of photographic lenses, and on the angle of subjects included. 186/187. 191. 192. 219.
B. J. 1862. 9. No. 166. 187—188; No. 167. 205—206; No. 168. 224—225; No. 169. 248; No. 171. 287—288.

—, —: (*14.*) A simple method of ascertaining the equivalent focus of a photographic compound. 186.
B. J. 1863. 10. No. 185. 93.

Grubb, Th.: (*15.*) On the equalisation of the photographic image in fields of large angle projected upon a flat surface. 188. 204.
B. J. 1868. 10. No. 200. 401—402; No. 201. 420—421.

—, —: (*16.*) On the relative transparency to actinic rays of glass and other media, &c. 187.
B. J. 1863. 10. N. 208. 460—461.

—, —: (*17.*) On a triple cemented compound, constructed on the principle of the aplanatic (double) view lens. 178.
B. J. 1865. 12. No. 263. 262.

—, —: (*18.*) Depth of focus and spherical aberration. 185. 216.
B. J. 1867. 14. No. 353. 61.

—, —: (*19.*) On the producing of „diffusion of focus" in photographic images, and the effects produced by the use of very small apertures (or stops), as required when including a large angle of view. 185. 188.
B. J. 1867. 14. No. 362. 167—169.
Ph. J. 1867/68. 12. No. 180. 22—24.

—, —: (*20.*) The late Thomas — F. R. S. 183.
B. J. 1878. 25. No. 960. 458.

—, —, Sphärische Korrektion in der Einzellinse. 165. 374. Bildfeldkrümmung im Doppelobjektiv. 166. Landschaftslinsen mit veränderlichem Blendenabstande. 166. Vertheidigung des Patents auf die aplanatic lens. 166. Leben. 183/184. Stellung zum Rechnen. 184/185. 189. Streit mit Th. Ross um die Gültigkeit seines Patents. 188. Priorität seiner aplanatic lens über A. Steinheil und J. H. Dallmeyer. 213/214.

Grubb, H.: Improvements in photographic lenses. 229.
E. P. 1968^{71} vom 27. Juli auf einen Verzeichnungskorrektor für Landschaftslinsen.
Siehe auch:
B. J. 1871. 18. No. 588. 371.

Guinand, P. L., Leben. 326. Beginn der Schmelzversuche. 326. Beziehung zu J. Utzschneider. 326. Uebersiedelung nach Benediktbeuren. 283. 326/327. Rührmethode. 327. Misserfolge. 327. Kündigung. 327/328. Uebernahme einer neuen Fabrik. 328.

Guinand, A.: Brief vom 26. Dec. 1829, mit einem Vorwort von H. C. Schumacher. 326. 328. 330.
A. N. 1831. 8. No. 186. 341—346.

—, —, Glashütte bei Neuenburg. 332. Nachfolger Th. Daguet in Solothurn. 332.

Guinand, .. (der jüngere Sohn), Verbindung mit G. Bontemps und N. J. Lerebours. 332. Nachfolger Ed. Feil. 332. Veröffentlichung des Guinand'schen Verfahrens. 332. Einführung von Borsäure in die Glasmasse. 332.

Gundlach, E.: (*1.*) The new optical glass and its importance in photography. 234.
B. J. 1887. 34. No. 1424. 520—521.

—, —: (*2.*) Improvements in photographic objectives. 231/232.
E. P. 12741^{90} vom 14. Aug. (4. Okt.) auf eine dreifache Einzellinse und ihre Zusammensetzungen.
B. J. 1890. 37. No. 1591. 698—699.

—, —: (*3.*) An improved adjustment for photographic objectives. 232.
E. P. 19488^{90} vom 29. Nov. auf gleichzeitige Aenderung des Linsenabstandes und der Blende.

—, —: (*4.*) A new photographic objective. 232.
A. J. 1891. 12. 374—381.
Erwähnung des Rectigraph-Objectivs s.
E. J. 1892. 6. 295—296.

—, —, Korrektion, aktinische, von Mikroskopobjektiven. 231. Aehnlichkeit des Einzelobjektivs mit einer Mittenzwei'schen Konstruktion. 232. Fabrikation der Turner & Reich lens. 244/245.

H.

Hamilton, W. R.: On some results of the view of a characteristic function in optics. 92.
Rep. III. Meet. Br. Ass. Cambridge 1833. London 1834. 360—370.

Harcourt, W. V. V., Schmelzversuche. 335. Bekanntschaft mit G. G. Stokes, die Untersuchung des Einflusses der chemischen Zusammensetzung. 335. Aufhebung des sekundären Spektrums. 335. Missdeutung der Wirkung der Titansäure. 336. Erkennung der Wirkung der Borsäure. 336.

Harris, J.: A treatise of optics: containing elements of the science. 85. 87.
London, B. White, 1775. 4, 282 S. 4°.
Erschien 11 Jahre nach dem Tode des Autors.

Harrison, C. C.: Improvements in lenses. 174.
E. P. 2496^{60} vom 13. Okt. auf die globe lens durch R. A. Brooman.

—, —, Vermuthete Anlehnung an Th. Sutton. 175. Tod. 175.

Hartmann & Braun, Beziehungen zu E. von Höegh. 375.

Hartnack, E., Kompensatorpatent s. unter

A. MIETHE. Geschäftliche Verbindung mit A. PRAZMOWSKI. 127. Engagement A. MIETHE's und Ausführung von dessen Konstruktionen. 352.

Heger, J., Professor der mechanischen Technologie in Wien, vermuthlich Zeichner der PETZVAL'schen Kamera. 260.

Herschel, J. F. W., Mitglied der Glaskommission von 1824. 333.

Herschel, W. J., Bedingung. 33. Unvereinbarkeit mit der Sinusbedingung. 57. Aeusserung im Prioritätsstreit zwischen J. W. DRAPER und R. CORNELIUS. 145. Erklärung des Blendenfleckes. 199. 217.

Hilgard, J. E.: Trial of HARRISON's globe lens at the Coast Survey Office. (U. S. Coast Survey Rep. 1863.) 207/208.
Ph. N. 1863. 8. No. 175. 174—176.

—, —, Daten über sein Leben. 207.

Hodgson, R.: Improvements in obtaining images on metallic and other surfaces. 146. 216.
E. P. 9406[43] vom 7. Juli auf katadioptrische Instrumente.

—, —, Verschiebbarkeit der Bestandtheile eines PETZVAL'schen Portraitobjektivs. 147. 216. Kombination von Spiegelungen u. Brechungen. 146. 236.

von Höegh, E.: (1.) Der neue Doppel-Anastigmat von C. P. GOERZ, Berlin. (Vortrag im Verein zur Förderung der Photographie vom 15. Mai 1893.) 375.
Ph. M. 1893/94. 30. 85—90.

—, —: (2.) C. P. GOERZ in Schoeneberg bei Berlin. Sphärisch, chromatisch und astigmatisch corrigirtes Objectiv. 375/376.
D.R.P. 74437 vom 20. Dec. 1892.
Auch unter dem Titel abgedr.:
Der neue Doppel-Anastigmat von C. P. GOERZ in Schöneberg bei Berlin. (Patentschrift.)
Ph. C. 1893. 30. No. 395. 395—396.
Ferner unter:
Ueber Doppel-Anastigmate von C. P. GOERZ.
E. J. 1894. 8. 90—94.

—, — und C. P. Goerz: Improvements in or connected with doublet lenses for photographic purposes.
E. P. 23378[92] vom 19. Dec. (Prov. Specif.), 2. Juni 1893 (Compl. Specif.). Abdruck letzterer:
B. J. 1893. 40. No. 1784. 485-486.
B. J. A. 1894. 846—849.

—, —: (3.) Bemerkungen zu dem Vortrage des Herrn Dr. PAUL RUDOLPH aus Jena über ZEISS-Anastigmate. 376.
Ph. C. 1898. 30. No. 399. 604—606.

von Höegh, E.: (4.) Die astigmatischen Fehlerreste einiger Anastigmate. 376.
E. J. 1894. 8. 146—148.
Uebers. u. d. Titel:
The astigmatism remaining in some anastigmats.
Ph. J. 1893/94. (2.) 18. 34—36.

—, —: (5.) Bemerkungen zu VOIGTLÄNDER's Collinearen. 385.
Ph. C. 1895. 32. No. 413. 103—105.

—, — und Goerz, C. P.: (6.) Improvements in objectives for photographic purposes. 386.
E. P. 13162[95] vom 17. Aug. auf eine Einzellinse aus vier Bestandtheilen.
Auch in B. J. 1895. 42. No. 1846. 605—606.
Uebers. u. d. Titel:
Neuerung an photographischen Objectiven. Englisches Patent.
E. J. 1896. 10. 223—225.

—, —: (7.) Improved photographic objective. 387. 389.
E. P 13904[97] vom 5. Juni auf eine Einzellinse aus fünf Bestandtheilen.
Auszug daraus u. d. Titel:
A new GOERZ lens.
B. J. 1897. 44. No. 1948. 573—574.
Siehe auch Anonymus 3.

—, —: (8.) Ueber dreilinsige Anastigmate. 385.
E. J. 1897. 11. 75—80.

—, — und Goerz, C. P.: (9.) Objektiv mit 8 reflektirenden Flächen. (Zweilinsen-Objektiv.) 392.
E. P. . . .
Siehe u. d. Titel:
A new GOERZ lens.
B. J. 1898. 45. No. 2000. 570-571.
B. J. A. 1899. 813—815.

—, —: (10.) Improvements in photographic objectives. 392.
E. P. 2854[99] vom 8. Febr. auf ein Einzelobjektiv mit vier reflektirenden Flächen.
Siehe auch den Ausz. u. d. Titel:
Recent improvements in photographic lenses.
B. J. 1899. 46. No. 2034. 266.

—, —, Leben. 375. Stellung bei C. BAMBERG, HARTMANN & BRAUN, P. WÄCHTER, C. P GOERZ. 375. Erfindung des Doppelanastigmaten. 375/376. Verbesserung des Doppelanastigmaten. 376. Polemik gegen P. RUDOLPH's Zerlegung des Doppelanastigmaten. 376. 377. 382. Patentstreit gegen R. STEINHEIL. 382. 385. Ableitung astigmatisch korrigirbarer Einzellinsen

aus der Hälfte des Doppelanastigmaten durch Linsenvertauschung. 385. Die Einzellinsen aus mehr als drei Bestandtheilen. 386/387. Benutzung der sphärisch indifferenten Fläche. 389. Die mehr als die Mindestzahl reflektirender Flächen enthaltenden Konstruktionen. 392.

Homolatsch, J., Begründung der Wiener photographischen Gesellschaft. 279.

Hooke, R., Camera obscura. 84.

Hopkinson, J., Versuch der Herstellung eines Silikat-Titanglases. 336.

Horn, W., Begründer des Photographischen Journals. 277.

Horne, Thornthwaite (& Wood), Buchhändlerfirma, auch sonst photographisch interessirt. 151; s. a. 228.

Houdaille, M.: (*1.*) Méthode d'essai scientifique et pratique des objectifs photographiques. 142.

B. S. F. 1893. (2.) **9.** 257—262.

—, —: (*2.*) Sur le calcul et la construction du télé-objectif panorthoscopique de Clement et Gilmer. 141.

B. S. F. 1893. (2.) **9.** 353—356.

Hughes, J.: On the mechanical adaptation of portrait lenses for view purposes. 155.

B. J. 1860. **7.** No. 130. 330—331.

Uebers. u. d. Titel:

—, —: Ueber die mechanische Umwandlung von Portraitlinsen zum Gebrauche für Ansichten.

Kr. Z. 1861. **3.** 119—122.

I.

Isenring, . ., Versuche in der Portraitphotographie. 247.

J.

Jamin, . . : Nouveau système présenté. 117.

B. S. F. 1855. **1.** 341.

—, —, Verwendung der Vorderlinse des Portraitobjektivs in umgekehrter Stellung, wie vor ihm Fr. Voigtländer und Fr. Scott Archer. 117. Geschäftsvorgänger von Alph. Darlot. 122.

Johnston, Fr. B.: The first iris diaphragm. 97.

B. J. A. 1891. 581—582.

K.

Kaempfer, D.: (*1.*) Einfache Landschafts-Objective von Voigtländer & Sohn. 354.

E. J. 1889. **3.** II. 100—101.

Kaempfer, D.: (*2.*) Voigtländer & Sohn in Braunschweig: Photographisches Objectiv. 385.

D.R.P. 90482 vom 22. Mai 1895 auf das Collinear, Typus II.

—, —: (*3.*) Photographisches Doppelobjectiv. Zusatz zum Patente No. 90482 vom 22. Mai 1895. 386.

D.R.P. 91883 vom 22. Mai 1895 auf eine Kombination aus den Hälften von Collinear I und Collinear II.

Auszug aus der engl. Patentschrift, beide Fälle enthaltend u. d. Titel:

Voigtländer's improvements in photographic lenses.

B. J. 1896. **43.** No. 1880. 310—311.

Siehe auch:

—, —: (*4.*) Voigtländer's improvements in lenses. 384.

Auszug aus einem E. P. auf ein lichtstarkes (1 : 4.5) Collinear, Typus I.

B. J. 1896. **43.** No. 1903. 680—681.

—, — und Scheffler, H.: (*5.*) Erwiderung auf die „Bemerkungen" des Herrn v. Höegh. 384.

Ph. C. 1895. **32.** No. 414. 158—161.

—, —: (*6.*) Neue Objective der Firma Voigtländer & Sohn für photogrammetrische Zwecke. 396.

E. J. 1897. **11.** 247—248.

—, —: (*7.*) Ein Objectiv vom Oeffnungsverhältniss 1 : 2 der Firma Voigtländer & Sohn in Braunschweig. 274.

E. J. 1898. **12.** 207—208.

—, —, Aenderung der Cooke lens in Braunschweig. 241. Äusserungen über ein Objektiv von H. Zincke gen. Sommer. 319. Beamter bei Voigtländer & Sohn. 354. 384. Schulung durch P. Rudolph. 354. Collinear, Typus I. 384. Typus II. 385/386. Kombinations-Collinear Typus $\frac{I + II}{2}$. 386. Anregung in der Verzeichnungsfrage durch C. Koppe. 396.

Karsten, G., Ueber die Becquerel'sche Theorie der fortsetzenden Strahlen. 104.

Kater, E.: Comparison of Voigtländer's and Petzval's lenses. 162.

Ph. J. 1858/59. **5.** No. 82. 242.

Knapp, J. A., Kamping, Fr. W. und Spring, R. Y.: The portrait combination with an additional lens, and a method of focussing. 226.

E. P. 3465[18] vom 2. Sept. auf das Portraitobjektiv mit negativer Korrektionslinse.

Siehe auch:

Knapp, J. A.: Improvement in photographic lenses.
U. S. P. 212099 vom 11. Febr. 1879.

Knight'sche Prüfungsmethode auf Fokusdifferenz. 142. 157/158.

von Kobell, Fr.: Dr. Karl August von Steinheil.
Münch. Sitzber., math.-phys. Cl. 1871. 1. 141—144.

—, — s. C. A. Steinheil. (1.)

Körner, Fr.: Ueber Flintglas-Bereitung, Berechnung, Schleifen und Centriren achromatischer Objektive. 331.
Kastner's Arch. f. d. ges. Naturl. 7. Heft 2. 233—252. 1827. 11. Heft 3. 318—359.

—, —: Ueber Dr. Körner's Flintglas. (Mittheilung vom 20. Febr. 1827.)
Ebenda 1827. 11. Heft 3. 360—361.

Koppe, C., Elimination der Verzeichnungsfehler. 17. Anregung D. Kaempfer's zur Konstruktion eines streng verzeichnungsfreien Objektivs. 396.

Koristka, F., Uebernahme der Anastigmatlicenz. 366.

Kratochwila, .., Fortschritte im chemischen Verfahren bei der Daguerreotypie. 255.

Krauss, E., & Cie, Uebernahme der Anastigmatlicenz. 141. 366.

Kreutzer, K. J., Begründer der Zeitschrift für Fotografie und Stereoskopie. 277/278. Publikation der Sitzungsberichte der Wiener photographischen Gesellschaft. 279.

Krüss, H.: Ueber den Lichtverlust in sogenannten durchsichtigen Körpern.
(Abh. Naturw. Ver. Hamburg. 11. Heft 1.) 397. Centralz. f. Optik u. Mech. 1890. 11. 50—54; 61—63; 75—78.

L.

Laborde, E.: Note sur les variations amenées dans la mise au point selon la grandeur du diaphragme. 121.
B. S. F. 1859. 5. 218—219.

de Lalande, J., Bericht über P. L. Guinand's Glas. 326.

Lamy'sches Thalliumglas. 334.

Langenheim, W. und F., führen Voigtländer'sche Apparate nach Amerika ein. 147.

Lea, Carey, Differenz mit H. A. Weiske. 278.

Lebaillif, A, Einwirkung auf Ch. Chevalier. 93.

Lecchi ..: Images photographiques faites au moyen d'une chambre obscure dans laquelle la lentille est remplacée par un miroir étamé. 101.
C. R. 1844. 18. No. 17. 754.

Lefebvre, ..: Sur un appareil destiné au dessin des objets microscopiques, au moyen duquel on peut aussi obtenir le représentation photographique de ces objets. 95.
C. R. 1840. 10. No. 11. 478—479.

Lemling, J.: Der Freund des Photographen, oder: Die Resultate aller Fortschritte der photographischen Optik von 1839—1874. 321.
Neuwied u. Leipzig, J. H. Heuser, 1875. VI, 118 S. 8° m. 1 Taf.

Lerebours, N. J., verarbeitet Glas von P. L. Guinand. 328. Verbindung mit G. Bontemps und dem jüngeren .. Guinand. 332.

Lerebours, N. P.: (1.) Du foyer chimique et du foyer apparent dans les objectifs du daguerréotype. 103. 271.
C. R. 1846. 23. No. 13. 634.

—, — et Secretan, L.: (2.) Objectif offrant une parfaite coincidence du foyer chimique et du foyer apparent pour la plaque daguerrienne, mais non pour le collodion. 105.
C. R. 1854. 38. No. 17. 789—790.

—, — s. a. unter A. Claudet, (2.) 103.

—, —: Vorbelichtungsversuche. 103. Association mit L. Secretan. 105.

von Leyser, E.: Erläuternde Worte zu der Camera clara dioptrica, erfunden von Baron Ernst von Leyser. 92. 120.
Pogg. Ann. 1842. (2.) 26. 407—421.

Liebherr, J., Daten über sein Leben. 283.

Liebig, J., Heranziehung für glastechnische Versuche durch C. A. Steinheil. 331.

Liesegang, P. E., Nekrolog s. L. Schrank (2.) 278. Begründung des Photographischen Archivs. 278.

Liesegang, F. P.: Die Fernphotographie. 115.
Düsseldorf, Ed. Liesegang, 1897. 184 S. 8° m. Tafeln u. Figuren.

Lippich, F.: Vorschlag zur Konstruktion eines neuen Spektralapparates. 395.
Enthält ein anamorphotisches System.
Z. f. I. 1884. 4. 1—8.

Listing, J. B., Einfluss auf H. Zincke gen. Sommer. 313. 314. Beziehung zu H. Schroeder. 346.

Löber, A., Wiedererfindung der Fraunhofer'schen Probirglasmethode. 324.

Loehr, M. s. u. W. Zschokke.

Loewenherz, L.: (1.) Historische No-

tizen über die Herstellung optischen Glases. 328.
Z. f. I. 1882. 2. 275—285.

Loewenherz, L.: (2.) Zur Geschichte der Entwicklung der mechanischen Kunst. 284. 328.
Z. f. I. 1886. 6. 405—419.

Lomb s. Bausch & Lomb.

Londe, A.: Rapport sur le concours des objectifs (prix du ministère de l'instruction publique). 136.
B. S. F. 1890. (2.) 6. 155—157.

Luckhardt, Fr., Stellung zu J. Petzval. 263.

Lummer, O.: (1.) Die Lehre vom Licht (Optik). 369. 396/397.
Erste Abtheilung des zweiten Bandes des Müller-Pouillet'schen Lehrbuchs d. Physik und Meteorologie. 9. Aufl. Braunschweig, Vieweg, 1897. XX, 1192 S. gr. 8⁰.

—, —: (2.) Beiträge zur photographischen Optik. 396.
Z. f. I. 1897. 17. 208—219; 225—239; 264 bis 271.

—, —: Einführung der Bezeichnung Alt- und Neuachromat. 360. 397. Darstellung der Verwandtschaft der Einzellinse zum Anastigmasdoublet. 369. 396. Beschäftigung mit der Verzeichnung. 396.

M.

Maës'sches Zinkcrown. 97. 334. Vorschlag, dasselbe mit Flussspathglas zur Aufhebung des sekundären Spektrums zu benutzen. 334.

Mahler, F. J., Nachfolger J. Fraunhofer's. 284.

Malus'scher Satz von den Orthogonalflächen. 88.

Manhattan, Opt. Co., Engagement H. Schroeder's. 346.

Martin, Ad.: (1.) Rapport de la Commission chargée d'examiner l'objectif de M. Steinheil. 126. 136.
B. S. F. 1868. 14. 100.

—, —: (2.) Mémoire sur les méthodes employées pour la détermination des courbures des objectifs, accompagné de tables propres à en abréger le calcul. 135. 136.
Ann. scient. de l'École norm. sup. 1877. (2.) 6. Suppl. No. 1.

—, —: (3.) Détermination des courbures de l'objectif grand-angulaire pour vues, présenté au concours de la Société Française de Photographie. 136/138.
B. S F. 1892. (2.) 8. 349—378.
Auch sep. bei Gauthier-Villars et fils.

Martin, Ad.: (4.) Méthode directe pour la détermination des courbures des objectifs de photographie. 138. 139.
B. S. F. 1893. (2.) 9. 473—537.
Auch sep. bei Gauthier-Villars et fils.

—, —, Nekrolog. 136; s. A. Davanne, (4.) Beziehungen zu L. Foucault. 136. Daten über das Leben. 136. Ertheilung des vom Kultusminister ausgesetzten Preises. 136. Transformation der Prazmowski'schen Bedingung. 139. Zusammenlegung der Hauptpunkte. 139. Zusammenhang zwischen angenäherter Bildfeldebenung und Glaswahl im Apianattypus. 308.

Martin, An.: (1.) Repertorium der Photographie. 274.
Wien, Carl Gerold, 1846. VIII, 134 S. 12⁰.

—, —: (2.) Bericht über den Erfolg seiner photographischen Arbeiten auf Papier. 272.
W. B. 1848. 1. 558—567.
Anscheinend auch in:
D. J. 1850. 117 = (3.) 17. 213.

—, —: (3.) Die Augenlinsen-Objective. (Lentiforme de l'oeil.) 279/280.
Ph. C. 1864. 1. No. 6. 147—151.

—, —, bemerkt die Fokusdifferenz optisch achromatisirter Objektive. 102. Daten über sein Leben. 272. Beziehungen zu Fr. Voigtländer. 272.

Maugey, P.: (1.) Improvements in diaphragms for optical instruments. 121.
E. P. 887[58] vom 22. April auf die Gummiirisblende.

—, —: (2.) Diaphragme à ouverture variable. 121.
B. S. F. 1858. 4. 116—117.

Mayall, J. E., Improvements in photographic apparatus. 158.
E. P. 193[53] vom 25. Jan. auf die zwischen Objekt und Objektiv gestellte, rotirende Sternblende.

Mayer, . . & Pierson, . . : La photographie. 100.
Paris, L. Hachette, 1862. IV, 244 S. 8⁰.
Bes. Optique photographique 111—127.

Mead, H. E.: Improvement in photographic camera-lenses. 226.
U. S. P. 180776 vom 8. Mai 1876 auf eine Kombination aus drei einzelstehenden Linsen.

Merz, G., Früherer Ammannensis und Nachfolger J. Fraunhofer's. 284. Weiterführung der Fraunhofer'schen Glastechnik besonders für grosse Objektive. 328. 331/332.

Merz, S.: Ueber Dispersions-Verhältnisse optischer Gläser. 332.
Z. f. I. 1882. **2.** 176—180.

—, — s. a. J. **Fraunhofer.** (*2.*)

Meyerstein, M., Beziehung zu H. Schroeder. 346.

Miersch, C.: Über die Bestimmung der Brennweiten und die Vergleichung der Lichtstärke photographischer Objective. 278.
Ph. A. 1866. **7.** No. 104. 144—146.

—, —, Ertheilung des Bordin'schen Preises. 122. Streit mit H. A. Weiske. 278.

Miethe, A. (*1.*) Ueber Lichtstärke und Bildfeldbeleuchtung photographischer Doppelobjective. 352.
Ph. M. 1888/89. **25.** 11—12; 22—24.

—, —: (*2.*) Symmetrisches Objectiv ohne Astigmasie. 352.
Ph. M. 1888/89. **25.** 123.

—, —: (*3.*) Der Anastigmat. 353.
Ph. M. 1888/89. **25.** 173—174.

—, —: (*4.*) Professor Dr. Hartnack, Vorrichtung zur Erzeugung eines gleichmässig erleuchteten Bildfeldes bei photographischen Weitwinkelobjectiven. 354.
D.R.P. 51529 vom 18. Aug. 1889 auf den Miethe'schen Kompensator.

—, —: (*5.*) Ein neues Porträtobjectiv der Firma Voigtländer & Sohn. 274.
Ph. C. 1895. **32.** No. 422. 575—577.

—, —, Anastigmat. 234. Leben. 352. Beziehungen zu E. Hartnack, Schulze & Bartels, Voigtländer & Sohn. 352. Uebersiedelung nach Charlottenburg. 352. Redaktion von Atelier und Chronik. 352. Herausgabe der Photographischen Optik. 352. Beziehung zu H. Schroeder. 352. Variation des Linsenabstandes am Anastigmaten. 353. Einfache Landschaftslinsen. 353. Modifikationen des Anastigmaten. 353. Teleobjektivkonstruktion. 354.

Miller, W. A., Referat Th. Grubb's über dessen Arbeiten die Absorption betreffend. 187.

Mittenzwei, M. in Zwickau i. S. (*1.*) Constructionstypus für einfache aplanatische Objective zur photographischen Aufnahme von Gruppen und Portraits. 342. 343/344.
D.R.P. 27081 vom 25. März 1883.
Siehe auch: Ph. C. 1884. **21.** No. 283. 232—234.

—, —: (*2.*) Ueber einige Constructions-Anforderungen und neue photographische Objective. 345/346.
E. J. 1888. **2.** 313—327.

—, —, Aehnlichkeit einer Konstruktion mit dem Gundlach'schen Einzelobjektiv. 232. Leben 342. Patentirte lichtstarke Einzellinsen für Portraits und Gruppen. 342—345. Bedeutung seines Prinzips für die Korrektion des Astigmatismus. 344. Das achromatisirte Periskop. 345. Die Landschaftslinse. 345. Versuch sphärisch korrigirter Einzellinsen. 374.

Moëssard, P.: (*1.*) Sur la variation de la distance focale d'un objectif avec le diaphragme. 131/132.
B. S. F. 1887. (2.) **3.** 244—248.

—, —: (*2.*) Appareil pour l'étude expérimentale complète des lentilles et des objectifs photographiques. 132/133.
B. S. F. 1889. (2.) **5.** 124—132.
Siehe auch den Auszug u. d. Titel:
Pizzighelli, G.: Moëssard's Apparat zur vollständigen experimentellen Untersuchung der Linsen und photographischen Objective.
Ph. C. 1889. **26.** No. 350. 541—548.

—, —: (*3.*) L'optique photographique. Enseignement supérieur de la photographie (cours professé à la Société Française de Photographie). 140.
Paris, Gauthiers-Villars et Fils, 1898. 156 S. gr. 8°.

—, —, Einführung des volume focal. 131/132. Cylindrographe. 133.

Moigno, F., redigirt den Cosmos. 117.

van Monckhoven, D.: (*1.*) Optique photographique. 124/125. 170. 174.
Hier citirt nach:
—, —: Photographische Optik. Beschreibung der photographischen Objective und der Vergrösserungs-Apparate, übers. von A. Martin.
Wien, Oscar Kramer, 1866. XVI, 273 S. 8° m. 5 Taf.

—, —: (*2.*) Ueber das neue Objectiv von Dr. A. Steinheil. 125. 212. 308.
Ph. C. 1867. **4.** No. 40. 234—237.
Auch übersetzt, allerdings nicht ganz wörtlich und mit Fortlassung der Anmerkungen u. d. Titel:
—, —: On Steinheil's new objective.
B. J. 1867. **14.** No. 389. 492—493.

—, —: (*3.*) Ueber die aplanatisch-symmetrischen Objective des Herrn Dallmeyer. (Bericht, gelesen vor der photographischen Gesellschaft in Wien im März 1869.) 212.
Ph. C. 1869. **6.** No. 58. 71—74.

—, —, (*4.*) Brief zur Erfindung der Apla-

nate. (Verlesen in der Sitzung der photographischen Gesellschaft in Wien am 1. Juni 1869.) 213.
Ph. C. 1869. 6. No. 60. 140—141.

van Monckhoven, D.: (5.) Traité général de photographie. (Sixième édition.) 213.
Paris, Masson, 1873. XVI, 400 S. gr. 8°.

—, —, Nekrolog. 124.
The late Dr. D. van Monckhoven. (Vermuthlich von J. Traill Taylor.)
B. J. 1882. 29. No. 1170. 569—570.

—, —, Stellung zu Th. Grubb und J. H. Dallmeyer. 125. Stellung zu A. Steinheil. 125. 126. Geplantes Ehrengeschenk an J. Petzval. 263.

Morrison, R.: Improvement in photographic lenses. 225/226.
U. S. P. 126979 vom 21. Mai 1872 auf ein Weitwinkelobjektiv mit sechs reflektirenden Flächen.

—, —, Wide angle lens. 225. Wide angle view lens. 225. Aehnlichkeit seiner Konstruktionen mit Petzval'schen Objektiven. 225/226. Group lens. 226.

Morse, S., Betheiligung an Portraitaufnahmen. 145.

Morton, H.: (1.) Zentmayer's new lens. 179.
B. J. 1866. 13. No. 328. 390—391.

—, —: (2.) Erecting the inverted image in the magic lantern. (Journ. of the Frankl. Inst.) 223.
B. J. 1867. 14. No. 376. 341—342.

—, —: (3.) Lenses of least distortion. (Philadelphia Photographer.) 223/224.
B. J. 1868. 15. No. 415. 185—186.

—, —: (4.) The optics of photography. (Scientific American.) (Lecture delivered at the Stevens Institution of Technology.) 224.
B. J. 1876. 23. No. 851. 401—404.

—, —, Stellung zu J. Zentmayer. 222/223. Zu R. H. Bow. 223. 325.

Moser, C.: (1.) Die Grundformeln der Dioptrik für den practischen Gebrauch entwickelt. (Mitgetheilt am 1. April 1881.) 351.
Sitzungsber. K. B. Ges. Wiss. Prag; auch S.-A. Prag 1881, 28 S. 8°.

—, —: (2.) Die einfache achromatische Linse als Photographenobjectiv. 351.
E. J. 1889. 3. II. 278—284.

—, —: Daten über sein Leben. 350. Beziehungen zu H. Schroeder. 350, zu O. Derge. 350, zu C. Bamberg. 351, zu C. P. Goerz. 351. Versuchsausführungen seiner Objektive. 351. Vermuthete Ausführung eines seiner Objektive. 351.

Murray, .. and Heath, ..: The new lens. 213.
B. J. 1874. 21. No. 763. 597; 1875. 22. No. 766. 21; No. 768. 47.

Murray, .. and Heath, ..: Streit gegen J. H. Dallmeyer für A. Steinheil's Priorität. 213. Streit gegen Fr. von Voigtländer für A. Steinheil's Priorität. 313. 320.

Muspratt, Sh.: Chemistry, theoretical, practical, and analytical, as applied and relating to the arts and manufactures. 328. 332. 333. 334.
Glasgow, London, Edinburgh, W. Mackenzie. 2 Bde. Lex.-8°.
Siehe unter optical glass und zinc optical glass. Bd. 2. 236—238.
Siehe auch F. Stohmann.

N.

Natterer, ..., Fortschritte im chemischen Verfahren bei der Daguerreotypie. 255.

Nekrolog (bez. Lebensbeschreibung von) auf: (ist unter den betreffenden Personen nachzusehen).
William Ackland.
Emil Busch.
Antoine François Jean Claudet.
John Henry Dallmeyer.
Alphonse Darlot.
Joseph Fraunhofer.
Thomas Grubb.
Paul Eduard Liesegang.
Adolphe Alexandre Martin.
Désiré Charles Emmanuel van Monckhoven.
Joseph Petzval.
Andrew Ross.
Ludwig Philipp [von] Seidel.
Carl August [von] Steinheil.
Hugo Adolph Steinheil.
Thomas Sutton.
John Traill Taylor.
Joseph [von] Utzschneider.
Peter Friedrich Wilhelm [Ritter von] Voigtländer.

Niepce, N., Bestreben, das Bild in der Camera obscura zu fixiren. 83. Benutzt Chevalier'sche Linsen. 93. Irisblende. 97. 121.

de la Noë, .. : Procédé pour obtenir, dans certains cas déterminés, un cliché homogène d'un modèle inégalement éclairé. 129.
B. S. F. 1883. 29. 39—44.

Nollet, J., Camera obscura. 86.

Noton, M.: Universal adjustable stop. 121. 159. 167.
Ph. J. 1856/57. 3. No. 48. 165.

O.

Onward s. u. C. Springham.

P.

Parrat, S.: Optic machine improved. 84.
The Gentlemans Magazine and Historical Chronicle. 1753. 23. 171.

Paul, J.: Simple adjustment of the chemical focus. 142. 158.
Ph. J. 1853/54. 1. No. 17. 208—209.

Pellat'sche Glashütte, Arbeiten von M. Faraday's. 333.

Percheron, A. s. u. Lefebvre. 95.

Perty, M., Glastechnische Notizen von A. Safarik benutzt. 331.

Petzval, J.: (1.) Bericht über die Ergebnisse einiger dioptrischer Untersuchungen. 263. 268. 269. 270.
Pesth, Conrad Adolph Hartleben, 1843 (Januar) XX, 43 S. gr. 8°.

—, —: (2.) Vorführung eines Nebelbilderapparates. 257.
Ber. Fr. Naturw. Wien. 1847. 2. 328.

—, —: (3.) Notiz. Die Fortschritte der Photographie in Wien betreffend. (Vom 13. Juli.) 258.
W. B. 1854. 13. 400.

—, —: (4.) Bericht über dioptrische Arbeiten. 258/259.
Tagbl. 32. Vers. deutsch. Naturf. u. Aerzte in Wien. 1856. No. 4 den 19. Sept. 1856.

—, —: (5.) Bericht über optische Untersuchungen. 257/258. 268. 270.
W. B. 1857. 24. 50—76; 92—106; 129—145. (Vorgetr. am 12., 19., 26. März.)

—, —: (6.) Bericht über dioptrische Untersuchungen. 250. 252. 259. 261.
W. B. 1857. 26. 33—90. (Vorgetragen am 23. Juli.)

—, —: (7.) Über das neue Landschafts- als Fernrohr-Objectiv. 216/217. 260.
W. B. 1858. 31. 213—225. (Vorgetragen am 15. Juli.)
Siehe auch die engl. Bearbeitung:
Pretsch, P.: The camera-lens in a telescope. — Testing a lens. — Depth of focus. (From professor Petzval's original paper. Abridged and translated by — —.)
Ph. J. 1858/59. 5. No. 80. 210—214.

—, —: Nekrolog, erstattet von Eduard Suess. 248. 263.
Alm. Wien. Akad. 1892. 42. 182—184.

Petzval, J., Briefe s. Fr. Voigtländer [3.].

—, —, s. a. unter P. Pretsch [1.].

—, —, Ansichten über die Bildfeldkrümmung. 48. Klassifikation der sphärischen Aberrationen. 56. Portraitobjektiv hinsichtlich der chromatischen Differenz der sphärischen Aberrationen. 66. Daten von seinem Leben. 248. Satz. 249. 381. Beziehungen zu Fr. Voigtländer. 249. 255. 256 Landschaftsobjektiv, 1. Form. 250. 260. Portraitobjektiv. 250. 252. 253. Prüfung des Landschaftsobjektivs. 251. Verbindung mit ... Waibl. 257. Konstruktion eines Nebelbilderapparates. 257. Studium der Beleuchtungstheorie. 257/258. Feinkühlungsversuche. 258. Verbindung mit C. Dietzler. 258. 262. Landschaftsobjektiv, 2. Form. 258. 261. Kamera mit verstellbarer Mattscheibe. 259. 260. Spätere Stellung in Wien und Lebensende. 262/263. Zweite lichtstarke Konstruktion. 274. Beziehung zu A. Steinheil. 289.

Pieper, C.: Zweitheiliges Linsensystem. 388.
D.R.P. 83 277 vom 14. Juli 1894 auf ein Doublet, dessen Einzelbestandtheile aus Glaspaaren zusammengesetzt sind, die einmal gleiche relative Dispersionen, dann gleiche Brechungsexponenten haben.

Pizzighelli, G.: Ueber einen Einsatz von Aplanaten für Landschafts-Aufnahmen von C. A. Steinheil Soehne in München. 320.
Ph C. 1880. 17. No. 202. 189—191.
—, — s. a. unter P. Moëssard. (2.)

Porro, I.: (1.) Définition exacte du foyer des objectifs photographiques et description d'un instrument nouveau, appelé phozomètre, pour en mesurer directement la véritable longueur focale. 112.
C. R. 1851. 33. No. 2. 50—51.

—, —: (2.) Éclipse du 28 juillet 1851, relevée héliographiquement par MM. Vaillat et Thompson avec un objectif sthénallatique de M. Porro. 114.
C. R. 1851. 33. No. 5. 128—129.

—, —: (3.) Lettre de monsieur — —, officier supérieur du génie piémontais en retraite, directeur de l'institut technomatique à Paris, au redacteur des Astronomische Nachrichten. 109.
A. N. 1856. 43. No. 1012. 55—56.

—, —: (4.) Système d'objectifs qui permet de prendre des vues de différentes grandeurs sans changer de position. 114.
B. S. F. 1856. 2. 115—116.

Porro, I.: (5.) Sur la construction des objectifs photographiques. 112. 113. 115.
B. S. F. 1857. 3. 13–14; 93—96.

—, —: (6.) Note sur le perfectionnement des appareils optiques pour la photographie. Discussion de l'objectif simple pour la lumière homogène. 111.
B. S. F. 1857. 3. 138–147.

—, —: (7.) Deuxième mémoire pour servir à la continuation de la discussion relative aux objectifs photographiques. Considérations et formules pratiques dans le système des ondulations. 110. 112.
B. S. F. 1857. 3. 211–222.

—, —: (8.) Reproductions photographiques de l'éclipse de soleil. 114.
B. S. F. 1858. 4. 93—95.

—, —: (9.) Troisième mémoire pour servir au perfectionnement de l'optique photographique. 111. 115.
B. S. F. 1858. 4. 178—189.

—, —: (10.) Sur le perfectionnement pratique des appareils optiques pour l'astronomie et pour la photographie. Bases d'une théorie microdynamique générale expliquant tous les phénomènes de la lumière, de la chaleur et de l'électricité. 109. 111.
Paris, Mallet-Bachelier, 1858. VII, 54. 8°. Mit 1 Taf.
Die ersten drei Kapitel sind bis auf geringe Aenderungen aus den im B. S. F. erschienenen Aufsätzen (6.) (7.) (9.) I. Porro's wörtlich abgedruckt.

—, — koncentrisches (?) Objektiv. 55. 115. Daten über das Leben. 109/110. Theoretische Ansichten im allgemeinen. 110/111. Mittheilungen über einzelne Konstruktionstypen und Rechnungsmethoden. 111/112. Anallaktisches Fernrohr. 113. Objectif anallatique à trois verres. 113. Vermeintliche Aehnlichkeit des Teleobjektivs mit J. Petzval's Orthoskop. 115. Objectif bidouble special (Aplanat?). 115. Objectif panoramique. 115. Objektiv für photogrammetrische Zwecke. 116. Priorität über Th. R. Dallmeyer. 236. und A. Miethe. 354.

della Porta, G., Camera obscura. 83. 86.

Potter, R., Beziehungen zu J. T. Goddard. 182. Unsicherheit der Beziehungen zu J. H. Dallmeyer. 190.

Prazmowski, A.: (1.) Sur l'achromatisme chimique. 127/128.
C. R. 1874. 79. No. 2. 107—110.

Prazmowski, A.: (2.) Nouveaux objectifs photographiques. 127. 128.
B. S. F. 1876. 22. 97—99.

—, —: (3.) Présentation d'un nouvel objectif. 128.
B. S. F. 1877. 23. 154—155.

—, —, Daten über das Leben. 127. Geschäftliche Verbindung mit E. Hartnack. 127. Aplanatkonstruktionen für grosse Winkel. 235. 308.

Pretsch, P.: (1.) On professor Petzval's researches in optics. 160.
Ph. J. 1857/58. 4. No. 61. 102—107.

—, —: (2.) s. a. unter J. Petzval, (7.) 161.

Prokesch, . . , s. u. Fritsch.

Q.

Quinet, . . : (1.) Diaphragme à ouverture carrée variable. 121.
B. S. F. 1860. 6. 30.

—, —: (2.) Réclamation. 120.
B. S. F. 1860. 6. 31—32.

R.

Read, W. J.: On the optics of photography. 167/168.
B. J. 1858. 5. 120—121.

—, —, Schief gestellte Blende. 167/168.

Regnault, H. V.: Observations sur la construction des objectifs. 119.
B. S. F. 1856. 2. 228.

Reich s. Turner.

Reichenbach, G., Daten über sein Leben. 283.

Reindl, J.: Ueber Daguerreotypie und Voigtländer's neue grosse Camera obscura. 254/255.
D. J. 1842. 86 = (2.) 36. 128—134.

—, —, Publikation der Fokusdifferenz optisch achromatisirter Objektive. 102. 255.

Remelé, Ph.: Versuche über den Lichtfleck. 317.
Ph. M. 1868/69. 5. No. 60. 301—303.

Riedel, P., Spektrometrische Untersuchungen neuer Gläser. 337.

Rochette, . . , Optiker, benutzt P. L. Guinand's Glas. 326.

Roget, P. M., Mitglied der Glaskommission von 1824. 333.

von Rohr, M.: (1.) Zur Entwickelungsgeschichte des Teleobjectivs und seiner Theorie. 115. 236. 354.
E. J. 1897. 11. 181—189.

von Rohr, M.: (*2.*) Zur Geschichte und Theorie des photographischen Teleobjectivs mit besonderer Berücksichtigung der durch die Art seiner Strahlenbegrenzung bedingten Perspective. 16. 23. 236. 354.
Weimar, K. Schwier, 1897. 41 S. 8°.

—, —: (*3.*) Ueber die Bedingungen für die Verzeichnungsfreiheit optischer Systeme mit besonderer Bezugnahme auf die bestehenden Typen photographischer Objektive. 54. 396.
Z. f. I. 1897. **17.** 271—277.

—, —: (*4.*) Ueber das Planar, ein neues Objectiv aus der optischen Werkstaette von Carl Zeiss in Jena. (Vortrag, gehalten auf der 69. Versammlung deutscher Naturforscher und Aerzte in Braunschweig am 21. Sept. 1897.) 390/391.
E. J. 1898. **12.** 70—78.

—, —: (*5.*) Beitrag zur Kenntniss der geschichtlichen Entwicklung der Ansichten über die Verzeichnungsfreiheit photographischer Objektive. 155. 199. 202. 203. 396.
Z. f. I. 1898. **18.** 4—12.

—, —: (*6.*) The achievements in the construction of photographic lenses by the Carl Zeiss, optical works, Jena. 234.
Jena, Bernhard Vopelius, April 1898.
Flugblatt für die historische Ausstellung der Roy. Phot. Soc. im Krystallpalast.

—, —: (*7.*) Ueber die Lichtvertheilung in der Brennebene photographischer Objektive mit besonderer Berücksichtigung der bei einfachen Landschaftslinsen und symmetrischen Konstruktionen auftretenden Unterschiede. 20. 79. 80. 205. 354.
Z. f. I. 1898. **18.** 171—180; 197—205.

—, —: Methode der Darstellung sphärischer Zonen. 81/82. 391. Quellenmässige Angabe von Konstruktionstypen 243, hauptsächlich Zeiss'scher Objektive. 357. 362. 364. 365. 367. 379. 391. Beziehungen zwischen anastigmatischem und antiplanetischem Princip. 311/312. 368. Wichtigkeit der Rudolph'schen Ergänzung des Petzval'schen Theorems. 359. Theoretische Entwickelung astigmatisch korrigirbarer Einzellinsen aus einem Anastigmatdoublet. 369—372. Ableitung der Mittenzwei'schen Konstruktionen. 372/373. Stellungnahme im Streit P. Rudolph v. E. von Höegh. 376. Vergleichung der Zonengrösse bei Planar und Aplanattypus. 390. Analytische Begründung der Theorie der Orthoskopie auf Anregung von E. Abbe. 396. Hinweis auf die Prioritätsansprüche R. H. Bow's und Th. Sutton's. 396.

Ross, A.: (*1.*) On experiments made with Canada balsam and other substances for cementing lenses, with specimens. 153. 397.
Ph. J. 1853/54. **1.** No. 3. 34.

—, —: (*2.*) A comparative view of the new orthoscopic Petzval lens, with the ordinary single combination landscape lens. 161.
Ph. N. 1858. **3.** No. 56. 175—178.

—, —, Nekrolog, bez. Lebensbeschreibung.
Mr. Andrew Ross. 148.
B. J. 1859. **6.** No. 103. 234—235.
Andrew Ross. 148.
B. J. 1875. **22.** No. 777. 150—151.

Ross-Claudet'scher Fokusmesser. 104. 142. 149.

Ross, A., Beschäftigung mit Barlow'schen Dialyten. 148. Erfindung der Korrektionsfassung am Mikroskop. 149. Frühe Durchführung aktinischer Korrektion an photographischen Objektiven. 149. 153. Mittheilung J. Stuart's von Einzelheiten aus dessen Leben. 149. Portraitobjektiv (Collen lens). 150. Fabrikation des Petzval-Objektivs. 151. Symmetrisches Objektiv ohne chromatische Korrektion, Triplet und verkittetes Einzelobjektiv. 152/153. Studium der Petzval'schen Abhandlungen. 162. 189. Inneres Leben seiner Werkstätte. 189. Beziehungen zu Th. Sutton. 189. Kenntnissnahme vom Rothwell'schen Theorem. 189/190.

Ross, Th.: (*1.*) On the apparatus necessary for the production of panoramic photographs 10 inches in length and including an angle of upwards of 100 degrees. 172. 192.
Ph. J. 1860/62. **7.** No. 116. 320—324
Siehe auch u. d. Titel:
—, —: Panoramic lens and camera.
B. J. 1861. **8.** No. 156. 446—447.
Ferner auch unter:
Th. Sutton: Panoramische Fotografie.
Kr. Z. 1862. **5.** 61—65.
Der Originalartikel in Ph. N. 1861. **6.** 321 ist leider übersehen worden.

—, —: (*2.*) „The good old times of photography and modern innovations." 150. 188.
B. J. 1864. **11.** No. 233. 418—419.

—, —: (*3.*) A few remarks on triplets, doublets, and single view lenses, with reference to marginal distortion. 193.
Ph. J. 1865/66. **10.** No. 157. 64—66.
B. J. 1865. **12.** No. 263. 264.

Ross, Th.: (*4.*) The history of photographic lenses. 149.
Ph. J. 1865/66. **10.** No. 158. 83—85.

—, —: (*5.*) Achromatic versus non-achromatic lenses. 288.
B. J. 1866. **13.** No. 312. 204.

—, —: (*6.*) Improvements in the manufacture of lenses for photographic cameras and various optical instruments. 211.
E. P. 174[61] vom 28. Jan. auf die Konstruktion achromatischer Objektive nur aus Crown- oder nur aus Flintglas.
Siehe auch u. d. Titel:
—, —: Improvements in the manufacture of lenses for photographic and other purposes.
Ph. N. 1867. **11.** No 465. 373—374.
B. J. 1867. **14.** No. 381. 403—404.

—, —, Actinic triplet. 170. 193. Herausgabe der SUTTON'schen panoramic lens mit cylindrischen Auffangflächen. 172. Umarbeitung der Collen lens in sein Weitwinkeldoublet. 177. 193. Beziehungen zu TH. SUTTON. 192. Brief der Brüder STEINHEIL. 295. Compagnon und späterer Nachfolger J. STUART. 149. 229.

Ross & Co., Stellung H. SCHROEDER's. 229. Ablehnung des SCHROEDER'schen Triplets. 230. Uebernahme der Anastigmatkonstruktionen. 234/235. 366. Uebernahme der Licenz für den Doppelanastigmaten. 377.

Rothwell, J.: On a theorem and diagram for correcting distortion in photographic pictures. 169. 207.
Ph. J. 1860/62. **7.** No. 104. 60—61.

—, —, Theorem über verzeichnungsfreie Linsen. 189/190. Unwichtige Publikationen. 207.

Rudolph, P.: Tripletpatent s. unter E. Abbe. (*3.*)

—, —: (*1.*) Firma CARL ZEISS in Jena. Photographisches Doppelobjectiv. 360/361. 362.
D.R.P. 56109 vom 3. April 1890 auf den Anastigmaten.
Auszug daraus, auch noch die später fortgefallene Einleitung der Patentschrift enthaltend in J. M. EDER *1.* 128—135.
—, —: An improvement in photographic objectives.
E. P. 6028[90] vom 21. April.
Siehe auch:
B. J. 1890. **37.** No. 1575. 443—444.
Danach übers. u. d. Titel:
—, —: Verbesserung an photographischen Objectiven.
Ph. M. 1890/91. **27.** 158—160; 174—176; 208.

Rudolph, P.: (*2.*) Ueber den Astigmatismus photographischer Linsen, dessen Wesen, Wirkungen und Beseitigung. 299. 308. 358/359. 360. 364.
E. J. 1891. **5.** 225—238.

—, —: (*3.*) Die ZEISS-Anastigmate. (Vortrag, gehalten in der Sitzung der freien photographischen Vereinigung zu Berlin am 18. März 1892.) 365.
Phot. Wochenbl. 1892. **18.** 153—157; 163—166; 171—173; 177—181.
Siehe auch übers. u. d. Titel:
—, —: Anastigmatic aplanatism and the ZEISS anastigmatic lenses. (Photographic Convention of the United Kingdom.)
B. J. 1893. **40.** No. 1734. 481—485.
Citirung im Text vergessen.

—, —: (*4.*) Ueber den Astigmatismus photographischer Linsen.
(Einige Ergänzungen zu dem gleichbetitelten Aufsatz des Verfassers in EDER's Jahrbuch 1891, S. 225 ff.) 358/359. 365.
E. J. 1893. **7.** 221—231.

—, —: (*5.*) CARL ZEISS in Jena. Achromatische Zerstreuungslinse für zweitheilige Linsensysteme. 388.
D.R.P. 71473 vom 12. März 1893.
—, —: Improvements in achromatic dispersing lenses.
E. P. 10000[93] vom 19. Mai.
Siehe auch:
B. J. 1893. **40.** No. 1745. 659—661.

—, —: (*6.*) Improvements in photographic lenses or objectives. 373/374. 377.
E. P. 4692[93] vom 22. April auf Ser. VI.
Siehe auch:
B. J. 1893. **40.** No. 1725. 331—332.

—, —: (*7.*) Die ZEISS-Anastigmate und deren Verwendbarkeit. (Vortrag im Verein zur Pflege der Photographie und verwandten Künste zu Frankfurt a. M. am 6. Sept. 1893.) 368. 369. 376.
Ph. C. 1893. **30.** No. 398. 512—522.

—, —: (*8.*) On a system of measuring and numbering the stops of photographic lenses. (Phot. Congress.) 220.
Ph. J. 1893/94. (2.) **18.** 79—82.
B. J. 1893. **40.** No. 1756. 830—832.

—, —: (*9.*) Über eine neue Methode zur bildlichen Darstellung der Leistungsfähigkeit photographischer Objektive. (Vorgelegt in der Sitzung des Photographischen Vereins zu Berlin am 24. Mai 1894.) 142.
Atelier 1894 **1.** 102—105 m. 1 Tafel.

Auszug daraus:

Rudolph, P.: Ein neues Probeobject zur bildlichen Darstellung der Leistungsfähigkeit photographischer Objective.
E. J. 1895. 9. 145—149.
Siehe auch:

J. H. Agar Baugh: Dr. Rudolph's method of lens testing and some of his results.
Ph. J. 1895/96. (2.) 20. 141—143.

—, —: (10.) Improvements in and relating to photographic objectives. 379.
E. P. 19509[94] vom 13. Okt. auf Ser. VII.
B. J. 1894. 41. No. 1808. 829—830.
Uebers. u. d. Titel:

—, —: Verbesserungen an photographischen Objectiven. (Englische Patentschrift, Dec. 1894.)
E. J. 1895. 9. 283—287.

—, —: (11.) Der neue Satz-Anastigmat 1/6,3 der Firma Carl Zeiss. 380.
E. J. 1896. 10. 216—223.

—, —: (12.) Firma Carl Zeiss in Jena. Sphärisch und chromatisch corrigirtes Objektiv. 389. 390.
D.R.P. 88889 vom 17. März 1896 auf das Telepositiv.

—, —: Improvements in lenses.
E. P. 12219[96] vom 4. Juni.

—, —: (13.) Firma Carl Zeiss in Jena. Astigmatisch, sphärisch und chromatisch corrigirtes Objectiv. 390.
D.R.P. 92313 vom 14. Nov. 1896 auf das Planar.
Abgedr. u. d. Titel:

Das Planar — Astigmatisch, sphärisch und chromatisch corrigirtes Objectiv.
E. J. 1898. 12. 79—85.

—, —: Improvements in photographic objectives.
E. P. 27635[96] vom 4. Dec.
Siehe auch u. d. Titel:

Rudolph's new lens.
B. J. 1897. 44. No. 1939. 424—426.

—, —: (14.) Firma Carl Zeiss in Jena. Anamorphotisches Linsensystem. 394.
D.R.P. 99722 vom 30. Nov. 1897.

—, —: Improvements in anamorphotic lens systems.
E. P. 8512[98] vom 12. April (provis. Spec.) und vom 5. Dec. 1898 (compl. Spec.).

—, —, Die Methode, den Astigmatismus darzustellen. 44; s. a. (2). Bildfeldebenung im strengen Sinne. 50. Planar hinsichtlich der chromatischen Differenz der sphärischen Aberrationen. 67. Beziehungen zwischen Antiplanet- und Anastigmatprincip. 311/312. 368. Hypothetisches Glas zu vollständiger Korrektion des Astigmatismus. 340. 364. Schulung D. Kaempfer's 354. Leben. 355/356. Schulung durch E. Abbe. 356. Promotionsschrift 356. Rechnung am Triplet. 356/357. Plan bei der Anlage der Rechnung für den Anastigmaten. 358. Grundlegende Sätze. 358/359. Stellung derselben zum Petzval'schen Theorem. 359. Verschiedene Formen des Anastigmatdoublets. 360/361. Anastigmatisches Princip. 361. Die ersten Anastigmatdoublets. 361/362. Alte und neue Weitwinkel. 362/363. Lichtstärkere Formen. Erste Reihe. 363/365. Zweite Reihe. 365/366. Erstes Objektiv mit strenger Hebung der 4 Seidel'schen Schärfenfehler. 366. Aufstellung der Serie II*. 367. 378. Verbesserung der Satzobjektive. 368. Günstige Form des Anastigmatdoublets. 369. Die ersten Einzellinsen. 373/374. Neuer Typus seit Th. Grubb und M. Mittenzwei. 374. Ausgestaltung der Satzidee durch die Serien VI, VI*, VII, VII*. 378/380. Einführung der Normalfassung. 381/382. Vorbildliches Vorgehen für die Voigtländer'schen Collinearsätze. 384/385. Achromatisirung von Teleobjektivtheilen. 388/389. Hyperchromatische Negativlinse. 389/390. Das Planar und sein Zusammenhang mit dem Anastigmatdoublet. 390/391. Der Anamorphot aus zwei gekreuzten Cylinderlinsen. 393/394.

Ruedorfer, . .: Gründung einer Glashütte im Jahre von J. Utzschneider's Tode. 331.

S.

Sachse, J. F.: (1.) The first portable camera. 84.
A. J. 1891. 12. 496—501.

—, —: (2.) Early daguerreotype days. An historical retrospect. 145.
A. J. 1892. 13. 241—249; 306—315; 355—362; 403—410*); 451—459; 543—550. 1893. 14. 369—377.
*) Enthält den Wortlaut von A. J. Wolcott's amerikanischem Patent. 408—409.

—, —: (3.) „The oldest sun picture of the human countenance"? 145.
A. J. 1894. 15. 33—38.

—, —: Das erste photographische Portrait.
E. J. 1894. 8. 257—260.

—, —: (4.) The dawn of photography. Early daguerreotype days. 147.
A. J. 1895. 16. 259—266; 306—310. 1897. 18. 103—108.

Sachse, . . ., Daguerreotypie in Deutschland. 247.

Safarik, A.: Referat über 10 Arbeiten, die auf die chromatische Korrektion der Fernrohrobjektive Bezug nehmen. 331. 335. 336.
Vierteljahrsschr. Astr. Ges. 1882. 17. 13—39.

Safarik, A., Versuch, Gläser mit proportionalem Gange der Dispersion herzustellen. 337.

de Salverte, Ertheilung der Medaille an E. WALLON. 141.

Scheffler, H. s. a. D. Kaempfer. (5.)

Schleiden, M. J.: Beziehungen zu C. Zeiss. 328.

Schnauss, J., Beziehungen zu P. E. LIESEGANG. 278.

Schneider, J. B.: VOIGTLÄNDER's neues fünfzölliges Objectiv zur Lichtbilder-Erzeugung. 273.

A. Z. Bl. 1857. No. 224 (12. Aug.). 3580.
Auch in:
D. J. 1857. 145 = (3.) 45. 266—268.

Schnitzer, . ., s. u. C. C. Harrison.

Schott, O., s. u. E. Abbe. (2.)

—, —, setzt sich mit E. ABBE zur Schmelzung neuer Gläser in Verbindung. 337. Vornahme von Schmelzungen in Witten und in Jena. 337. Aufgabenstellung. 337/338. Gründung des glastechnischen Laboratoriums SCHOTT & GEN. 338.

Schrank, L.: (1.) Erinnerung an Dr. ADOLF STEINHEIL. 289.

E. J. 1895. 9. 262—267.
Citirung im Texte vergessen.

—, —: (2.) Dr. PAUL ED. LIESEGANG. 278.

Ph. C. 1896. 33. No. 433. 502—504.

—, —, Redakteur der photographischen Korrespondenz. 279.

Schreiber, G. F., Amerikanischer Portrait-Photograph. 147.

Schroeder, H. L. H.: (1.) Meine Erlebnisse in den letzten zwei Jahren. 346.

Zeitschr. f. Opt. u. Mech. 1882. 3. 80—81.

—, —: (2.) Ueber eine neue Linsencombination für photographische Sternaufnahmen. 230. 348.

A. N. 1885. 112. No. 2682. 297—298.

—, — and Stuart, J.: (3.) Improvements in lenses. 234. 348.

Englisches Patent vom 7. April 1888. No. 5194[88] auf die concentric lens.
Siehe auch:
B. J. 1889. 36. No. 1515. 336—337 und The Photographic News 1889. 33. No. 1601. 316—317.

Ferner u. d. Titel:

Schroeder, H.: Ueber eine neue photographische Linse.

Ph. M. 1889/90. 26. 67—68.

—, —: (4.) Die Elemente der photographischen Optik. (Zugleich Ergänzungsband zu VOGEL's Handbuch der Photographie) ist hier citirt wegen theoretischen Inhalts. 59. 347/348. A. und TH. ROSS. 150. 152. 177. J. H. DALLMEYER. 190. R. MORRISON. 225. Concentric lens. 234. 348. 349. J. PETZVAL's Nebelbilderapparat. 257. FR. VON VOIGTLÄNDER. 315. Glastechnischer Versuche. 336.

Berlin, ROBERT OPPENHEIM, 1891. XI, 220 S. 8°.

Schroeder, H. L. H.: (5.) The new concentric lens. 234.

(In das Englische übersetzt; vorgetragen von H. G. HEYBURN.
Ph. J. 1891/92. (2.) 16. 276—281.
B. J. 1892. 39. No. 1682. 487—489.

—, —: (6.) Lens. 350.

U. S. P. 554787 vom 18. Febr. 1896 auf ein achromatisirtes Periskop.

—, —: (7.) Über chromatische Homofocallinsen und über meine chromatische Planparallelplatte. 350. 388/389.

Ph. M. 1896/97. 33. 5—7; 22—24.

—, —: (8.) Historische Notizen über die neueren Verbesserungen photographischer Linsen. 336. 352.

(Uebersetzt nach dem englischen Originalartikel H. SCHROEDER's im Internat. Annual 1895 von FLORENCE; mit Zusätzen versehen von A. MIETHE.)
Photogr. Chronik 1896. 3. 389—391; 397—398.

—, —, Koncentrische Konstruktion. 55. 116. Zusammengeklapptes Spektrum. 59. Stellung bei Ross & Co. 229. 346. Astronomisches Triplet. 230. 348. Concentric lens. 234. 348/49. Glastechnische Versuche mit TH. DAGUET. 336. Leben. 346. Schulung durch M M. MEYERSTEIN und J. B. LISTING. 346. Uebersiedlung nach Oberursel, London, Amerika, London. 346. Sphärische Zonen. 347. Stellung zum Rechnen. 347. Berührung mit Ideen englischer Optiker. 347. 349. Achromatisirtes Periskop. 349. 350. Streit mit H. D. TAYLOR. 350. Beziehung zu C. MOSER. 350. Aeusserung über C. MOSER's Konstruktion. 351. Beziehung zu A. MIETHE. 352. Priorität über E. ABBE und P. RUDOLPH hinsichtlich des Triplets. 357.

Schüttauf, R., Darstellung der katadioptrischen Störungserscheinungen. 77.

Schulze & Bartels: Engagement A. MIETHE's. 352.

Schumann, V.: Die Durchlässigkeit desGlases für ultraviolette Strahlen. 397.

Ph. C. 1885. 22. No. 292. 28—30; No. 293. 59—62; No. 297. 188—191.

Scovill Manufacturing Company, Ausführung der ratio lens. 177.

Sebert, . ., (général): (1.) Appareil de M. J. CARPENTIER pour la mesure de la distance focale des objectifs. 134.

B. S. F. 1891. (2.) 7. 345—350.

—, —: (2.) Resumé des travaux du congrès international de photographie tenu à Bruxelles en 1891. 134.

B. S. F. 1891. (2.) 7. 372—392.

Secretan, . .: De la distance focale des systèmes optiques convergents. Applications aux problèmes de la photographie. 117.
Paris, H. PLON, 1855. 71 S. gr. 8° mit 3 Fig.-Taf. und 1 Tabelle.
(Anzeige des dem PORRO'schen Phozometer nachgeahmten Focabsolumeters.)

Secretan, s. a. Lerebours (2.) et Secretan.

—, L., Association mit N. LEREBOURS. 105. Verfahren, die chromatische Einstelldifferenz unschädlich zu machen. 105.

de Séguier, A. P.: (1.) Appareil portatif de photographie. 94.
C. R. 1839. 9. No. 19. 560; No. 24. 772.

—, —: (2.) Description d'un appareil photographique simplifié et portatif. 94.
B. S. E. 1840. 39. 87—88 m. 1 Fig.-Taf.

—, —: (3.) Extrait d'un rapport fait par M. le baron SÉGUIER, au nom d'une commission spéciale, sur le concours pour des perfectionnements dans la photographie. 98.
B. S. E. 1842. 41. 124—125.

—, —: (4.) Rapport sur le concours pour le perfectionnement de la photographie. 100.
B. S. E. 1848. 47. 195—200.

—, —, Beziehungen zur Société d'encouragement. 95.

Seidel, L.: (1.) Zur Theorie der Fernrohr-Objective. 290/291.
A. N. 1853. 35. No. 835. 301—316.

—, —: (2.) Zur Dioptrik. 291.
A. N. 1853. 37. No. 871. 105—120.

—, —: (3.) Zur Dioptrik. Ueber die Entwicklung der Glieder 3ter Ordnung, welche den Weg eines ausserhalb der Ebene der Axe gelegenen Lichtstrahles durch ein System brechender Medien bestimmen. 270. 291—292.
A. N. 1856. 43. No. 1027. 289—304; No. 1028. 305—320; No. 1029. 321—332.
Siehe auch:
Münch. Gel. Anz. 1855. No. 16 u. 17.

—, —: (4.) Trigonometrische Formeln für den allgemeinen Fall der Brechung des Lichtes an centrirten sphärischen Flächen. 293.
Münch. Sitz. 1866. 2. 263—283.
Auch abgedruckt mit veränderten Bezeichnungen — als Beilage III in STEINHEIL, A. (19.) und VOIT, E., S. 257—269.

Seidel, L.: (5.) Ueber ein von Dr. ADOLPH STEINHEIL neuerlich construirtes Objectiv, und über die dabei benützten Rechnungsvorschriften. 293. 294. 307.
Münch. Sitzber. 1872. 1. Math.-phys. Kl. 76—88.

—, —: (6.) Ueber die Bedingungen möglichst präziser Abbildung eines Objekts von endlicher scheinbarer Grösse durch einen dioptrischen Apparat.
Aus dem Nachlasse herausgegeben von S. FINSTERWALDER [395—400]. 92. 291.
Münch. Sitzber. math.-phys. Kl. 1898. 395 bis 422.

—, —: H. SEELIGER: Todes-Anzeige. 290.
A. N. 1896. 141. No. 3379. 319—320.

—, —, Ansichten über Bildfeldkrümmung im Zusammenhang mit der Farbenkorrektion. 48. 292. Fünf sphärische Abbildungsfehler. 56. 291/292. Einführung praktischer Hilfsgrössen zur Vermeidung von Kettenbrüchen. 290/291. Unvereinbarkeit der Sinusbedingung mit der HERSCHEL'schen Bedingung. 292. Stellung zu J. PETZVAL. 292/293. Entwicklung von Formeln zu trigonometrischer Durchrechnung von Systemen für C. A. STEINHEIL. 293. Stellung zur rechnenden Optik. 293/294.

Sellers, C.: American correspondence. (The ZENTMAYER lens.) 179.
B. J. 1866. 13. No. 327. 382—383.
Citirung im Text vergessen.

de Senarmont, H.: Rapport sur diverses communications faites à l'Académie par M. PORRO, dans les séances du 2 novembre 1856; du 7 juillet 1857, du 22 février et du 7 juin 1858. (Commissaires M. M. FAYE, BABINET, H. DE SENARMONT rapporteur.) 109.
C. R. 1859. 48. 453—457.

Shadbolt, G.: (1.) On the production of enlarged positive copies from negatives of inferior dimensions. 150. 156.
Ph. J. 1853/54. 1. No. 12. 145—146.

—, —: (2.) Report upon DEROGY's patent photographic objective lenses. 121.
B. J. 1859. 6. No. 95. 134—135.

—, —: (3.) Our orthographic camera. 162.
B. J. 1859. 6. No. 96. 146.

—, —: (4.) Astigmation. 157.
B. J. 1863. 10. No. 197. 339—340.

—, —: (5.) Position of the diaphragm in a double combination lens. 155.
Ph. J. 1860/62. 7. No. 105. 93—94.

Shadbolt, G., Einfluss auf die englische Fachpresse. 156. Kritik des PRETSCH'schen Vortrages. 160. Rücktritt. 221.

Silbermann, H.: Rapport sur les objectifs à cône centralisateur de M. JAMIN. (Par M. M. E. BECQUEREL, L. FOUCAULT et H. SILBERMANN rapporteur). 117.
B. S. F. 1856. 2. 170—171.

Slater, Th.: GRUBB's patent lens. 166.
Ph. J. 1857/58. 4. No. 68. 250—251.

Slight, G. H.: A method of equalising the illumination of the image in landscape photography. 205.
B. J. 1866. 13. No. 319. 280—281.
Unter gleichem Titel in veränderter Form. auch in:
Trans. R. Scott. Soc. of Arts. 1867. 7. Part III. 318—319.

Sommer siehe unter Zinken.

Spranger, R.: Aeusserungen zu C. MOSER. 350.

Springham, C. (Onward): The spot in the centre of the plate. 199. 217.
Ph. J. 1859/60. 6. No. 95. 188—189.
Danach übersetzt u. d. Titel:
Onward: Der Fleck im Mittelpunkte der Platte.
Kr. Z. 1860. 1. No. 6. 202.
Theilweise abgedruckt in:
—, —: Ph. N. 1867. 12. No. 272. 209—210.

Steggall, J. E. A.: On the effect of the size of the aperture in the diaphragm on the angle of view of a lens. (Dundee and East of Scotland Photographic Association). 287.
B. J. 1894. 41. No. 1764. 118—120.

Steinheil, C. A.: (1.) Professor v. KOBELL und Conservator STEINHEIL legen die Resultate ihrer gemeinschaftlichen Versuche über Fixirung der Lichtbilder nebst Proben vor. 246/247.
Sitz. der math.-phys. Klasse am 13. April 1839.
Münch. Gel. Anz. 1839. 9. No. 132. 17—22.

—, — und H. A.: (2.) Die Bedingungen der Erzeugung richtiger dioptrischer Bilder durch Linsensysteme von beträchtlicher Oeffnung von Dr. C. A. STEINHEIL, Ministerialrath, und seinem Sohne Dr. H. A. STEINHEIL, Procuraträger. 286/287.
Gött. Nachr. 1865. No. 6. 131—143. Nachtrag dazu von C. A. STEINHEIL.
Gött. Nachr. 1865. No. 8. 211—214.

Steinheil, C. A.: (3.) Improvements in photographic lenses. 288.
E. P. 2937[65] vom 15. Nov. auf das Periskop genommen durch W. BÜNGER.

—, —: (4.) Mittheilung aus einem Schreiben des Hrn. Ministerialraths VON STEINHEIL in München über eine Doppellinse neuer Construction. Von Professor LISTING. 288.
Gött. Nachr. 1865. No. 14. 348—349.

—, —: 5. Zuschrift in Angelegenheit der Periskope. 289.
Ph. C. 1866. 3. No. 21. 72—73.

—, —, Nekrolog, bez. Lebensbeschreibung. 284. 285. Siehe unter FR. VON KOBELL und L. LOEWENHERZ (2.) 416—419.

—, —, Beziehungen zu J. FRAUNHOFER. 285. Interesse für Telegraphie. 285. Begründung der optisch-astronomischen Werkstätte. 285. Verbesserung von Fernrohrobjektiven. 286. Beziehungen zu L. SEIDEL. 286. Aberrationsfreiheit der Hauptpunkte. 287. Zusammenlegung der Hauptpunkte. 287. Verkauf der optisch-astronomischen Werkstätte an seine Söhne. 289. Aeusserungen über die Tiefe. 289. Glastechnische Versuche. 331. Heranziehung J LIEBIG's. 331.

Steinheil, A.: (1.) STEINHEIL's Periskop. 288.
Ph. C. 1865. 2. No. 17. 316; siehe auch No. 16. 259—260.

—, —: (2.) Photographen-Apparat zur Aufnahme von Naturstudien.
Münch. Sitzber. 1866. 2. 478—483; siehe auch Ph. C. 1867. 4. No. 37. 165—166.
Citirung des auf C. A. STEINHEIL zurückzuführenden Artikels leider vergessen; erste STEINHEIL'sche Kameras mit Periskopen und Aplanaten ausgerüstet. Auch Behandlung der Perspektive.

—, —: (3.) Aplanatpatent. 296.
Ertheilt am 14. Jan. 1867 in Bayern. Mitgetheilt von J. M. Eder (1.) 71—72.

—, —: (4.) Ueber Berechnung optischer Construktionen. 286. 290. 296/297. 306/307. 310.
Münch. Sitzber. 1867. 284—297.

—, —: (5.) Ueber die Reflexbilder der Photographenapparate und die Ursache des hellen Fleckes, den viele Objectiv-Constructionen geben. 73. 308/309.
Ph. M. 1867/68. 4. No. 47. 283—288. Mit 1 Taf.

—, —: (6.) Note sur l'objectif dit aplanatique. 126.
B. S. F. 1868. 14. 36—37.

—, —: (7.) Weshalb muss bei den apla-

natischen Objectiven ohne Blende eingestellt werden? 295. 307.
Ph. A. 1868. 9. No. 155/156. 164—165.

Steinheil, A.: (8.) Ueber den Zusammenhang von Helligkeit, Tiefe und absolutem Maassstab bei Photographen-Apparaten. 309.
Ph. A. 1868. 9. 164. 283—292.

—, —: (9.) Das Prüfen und Wählen der Photographen-Objective. 309.
Ph. C. 1869. 6. No. 57. 49—62; No. 58. 75—78.
Auch S.-A. Carl Gerold's Sohn, Wien. 1869. 17 S. 8⁰.

—, —: (10.) Symmetrisch-aplanatische Objective. (Vorgetragen in der Sitzung der Photogr. Gesellschaft in Wien vom 4. Mai 1869.) 213.
Ph. C. 1869. 6. No. 59. 97—98.

—, —: (11.) Das neue Weitwinkel-Aplanat und die Anwendung des Prisma's. 309.
Ph. M. 1871/72. 8. No. 85. 15—19.
Uebersetzt ohne den mehr geschäftlichen Schluss u. d. Titel:
—, —: Wide-angle aplanatic lenses and the application of the reversing prism.
B. J. 1871. 18. No. 578. 254—255.

—, —: (12.) Improvements in photographical portrait apparatuses and other optical instruments. 301.
E. P. 1124 '4 vom 31. März auf den Portraitaplanaten 1. Form durch Frank Wirth.
Auszug daraus u. d. Titel:
A new portrait lens.
B. J. 1874. 21. No. 760. 564—565.
Uebersetzung danach u. d. Titel:
Steinheil's neue Portraitlinse.
Ph. M. 1874/75. 11. 281—282.
—, —: Verbesserung zum entsprechenden bayrischen Patent vom März 1875 mit Angabe der Daten und der 6 Ansprüche.
J. M. Eder (1.) 79—81.

—, —: (13.) C. A. Steinheil Söhne: The new lens. 294. 310.
B. J. 1875. 22. No. 766. 21—22.

—, —: (14.) Gruppen-Applanat. 304.
D.R.P. 6189 vom 25. Jan. 1879. Daten siehe auch bei J. M. Eder (1.) 81.

—, —: (15.) Objectiv für Photographie, genannt Antiplanet. 311.
D.R.P. 16354 vom 13. April 1881.
Siehe auch J. M. Eder (1.) 108—112.

Steinheil, A.: Portrait and view lenses.
E. P. 1602 '81 vom 12. April auf den Antiplaneten.

—, —: (16.) Ueber Verbesserungen der Constructionen photographischer Objective. 310/311.
Ph. M. 1881/82. 18. 123—127; 146—149.
Siehe auch Centr.-Zeit. f. Opt. u. Mech. 1881. 2. 195—198.

—, —: (17.) Welche Eigenschaften sind bei der Auswahl von photographischen Objectiven zu berücksichtigen? 312.
E. J. 1887. 1. 261—271.

—, —: (18.) Ueber Eigenschaften optischer Gläser. 312.
E. J. 1888. 2. 389—392.

—, — und Voit, E.: (19.) Handbuch der angewandten Optik. Bd. I. 139.
Leipzig, B. G. Teubner, 1891. VI, 314 S. gr. 8⁰. Mit 7 Taf.

—, —: (20.) Einleitung in die photographische Optik. 307.
Erstes Kapitel aus J. M. Eder (1.) 5—34.

—, —: Nekrolog. 289. 312. Siehe unter J. M. Eder (4.) und L. Schrank (1.).

—, —, Koncentrische Konstruktion. 55. Behandlung der Prismenreflexion in endlich geöffneten Büscheln. 73. Monocentrisches System. 116. 297. Erhält von D. van Monckhoven die Formulirung der Bedingungen für ein Universalobjektiv. 125/126. Einführung des Periskops nach England. 178/179. Priorität in der Aplanatfrage über J. H. Dallmeyer. 210 bis 214. Priorität Th. Grubb's in der Zusammensetzung der Aplanathälfte (aplanatic lens) über A. Steinheil. 213/214. Aplanatkonstruktionen für grosse Winkel. 235. Rechnungen für und Stellung zu C. A. Steinheil. 285/286. Ertheilung der Periskoplicenz an Fr. Voigtländer. 288. Beziehungen zu J. Petzval. 289. Daten über sein Leben. 289/290. Promotionsschrift. 290. Sphärische Korrektion für zwei verschiedene Objektentfernungen. 294. Aplanat 1. Form. 294. 296. Brief an Th. Ross um die Aplanatlicenz. 295. Erste Modifikationen. 296/297. Aplanat 2. Form. 297/298. Landschaftsaplanat. 298. 299. Weitwinkelaplanat für Landschaften. 299. Aplanatsatz. 300. Aplanat mit variablem Abstande. 300. Universalaplanat aus neuen Gläsern. 300. Portraitaplanat 1. Form. 300/301. Portraitaplanat 2. Form. 302/303. Portraitantiplanet. 303. Vermuthlich benutztes Korrektionsprincip für die lichtstarken Systeme. 303/304. Gruppenaplanat. 304. Gruppenantiplanet. 305. Theoretische Ansichten über sphärische Korrektion. 306/307. Sinusbedingung. 307. Chromatische Korrektion. 307. Astigmatismus und Bildebenung. 307/308. Beziehungen zwischen Antiplanet- und Anastigmatprincip. 311/312. 368. Stellung zu E. Busch und Fr. Voigtländer bei Gelegenheit deren Herausgabe symmetrischer Konstruktionen. 320. Landschaftslinsensatz. 320. Anregung zur Konstruktion des Orthostigmaten. 382.

Steinheil, R.: (1.) Sphärisch, chromatisch und astigmatisch korrigirtes Doppel-Objectiv. 306.
D.R.P. 76662 vom 16. Dec. 1893 auf den Rapid-Antiplaneten.

—, —: (2.) Bemerkung zu der Notiz von Dr. CZAPSKI. 307.
Z. f. I. 1895. 15. 75—76.

—, —: (3.) Objectiv für photographische Zwecke. 383.
D.R.P. 88505 vom 28. Nov. 1893 auf den Orthostigmaten Typus II.
Hier benutzter Auszug aus dem E.P. u. d. Titel:
STEINHEIL's improvements in lenses.
B. J. 1896. 43. No. 1891. 489—490.

—, —: (4.) Entstehung und Geschichte der Orthostigmate. 312. 377.
E. J. 1897. 11. 172—181.

—, —, Briefliche Aeusserungen. 289. 300. 302. Aeusserung über A. STEINHEIL's Verhältniss zu J. PETZVAL. 289/290. Rapid-Antiplanet. 305. 306. Orthostigmat, Typus I, in Frankreich. 382. Typus II in Deutschland. 383/384. Davon drei Serien. 384. Einigung mit FR. VON VOIGTLÄNDER über die Herstellung. 384.

Stohmann, F. und Kerl, Br.: Encyklopädisches Handbuch der Technischen Chemie.
(MUSPRATT's Chemie) 4. Aufl. Braunschweig, FR. VIEWEG & SOHN, 1891. Lex.-8°. Bd. 3. VI. Optisches Glas. 1610—1618.
Ein Abdruck aus F. STOHMANN: MUSPRATT's Chemie. 2. Aufl. Bd. 2. S. 1394, findet sich u. d. Titel:
Ueber optische Gläser.
Ph. A. 1866. 7. No. 114. 321—324.
Wegen der Citirung s. u. Sh. Muspratt.

Stokes, G. G.: Notice of the researches of the late Rev. WILLIAM VERNON HAACOURT, on the conditions of transparency in glass, and the connection between the chemical constitution and optical properties of different glasses. 336.
Report XLI Meet. Brit. Ass. Edinburgh. 1871. London. 1872. 38—41.
Dazu gehörig:
—, —: On object glasses. 336.
Ph. J. 1870/73. 15. No. 238. 189—193.

—, —, Referat TH. GRUBB's über dessen Arbeiten die Fluorescenz der brechbarsten Strahlen betreffend. 187.

Stuart, J.: s. a. H. Schroeder. (3.)
—, —, Mittheilungen über A. Ross, speciell über sein Focimeter. 149. Gewinnung von H. SCHROEDER. 292. 346.

Sturm, J. B.: Mémoire sur la théorie de la vision. 38. 106.
C. R. 20. 554—560; 761—767; 1238—1257.

Suter, E.: Einführung neuer Gläser in alten Typen. 235. Uebernahme der Anastigmatlicenz. 366.

Sutton, Th.: (1.) On view lenses. 195.
Ph. J. 1854/56. 2. No. 25. 97—99; No. 27. 124—125.
—, —: On lenses. 195.
No. 29. 153—155.
—, —: View lenses. 195.
Ph. J. 1857—58. 4. No. 62. 146.

—, —: (2.) Formula for a landscape lens 196.
Ph. N. 1857. 2. No. 33. 305—306.

—, —: (3.) Analysis of the orthoscopic lens. 161. 196.
Ph. N. 1858. 3. No. 49. 99—103.

—, —: (4.) Mr. GRUBB's patent view lens. 196.
Ph. N. 1858. 3. No. 55. 169—170.

—, —: (5.) The plano-convex lens. 195—196.
Ph. J. 1857/58. 4. No. 68. 252—255. 1858/59. 5. No. 69. 4—5.

—, —: (6.) Distortion corrected in a new portrait and landscape lens. 169. 190. 196.
Ph. N. 1858. 3. No. 59. 210.
Siehe auch:
—, —: Description of a new lens which gives no distortion of the image.
Ph. N. 1858. 3. No. 62. 250—252.

—, —: (7.) A new view-lens. 196/197.
Ph. J. 1858/59. 5. No. 78. 169—173.

—, —: (8.) On a new photographic lens.
(Read at the Brit. Ass. Aberdeen 1859. 17. Sept.) 197.
B. J. 1859. 6. No. 103. 238.
Ph. J. 1859/60 6. No. 90. 58—59.

—, —: (9.) Description of the panoramic lens. 171. 197.
Ph. N. 1859. 4. No. 89. 297—302.
Siehe auch:
—, —: Improvements in the construction of apparatus for taking photographic pictures consisting of and entitled 'an improved panoramic lens for taking photographic pictures'.
E. P. 2193[59] vom 28. Sept. auf die panoramic lens.

Sutton, Th: (*10.*) Panoramic photography. 197.
Ph. J. 1859/60. 6. No. 95. 184—187.
Siehe auch:
—, —: Panoramische Fotografie.
Kr. Z. 1860. 1. 145—151.
—, —: (*11.*) Theory of the panoramic lens. 197.
Ph. J. 1859/60. 6. No. 95. 187—188.
Siehe auch:
—, —: Theorie der panoramischen Linse.
Kr. Z. 1860. 1. 151—152.
—, —: (*12.*) On panoramic and plane perspective. 197.
B. J. 1860. 7. No. 116. 109.
Ph. J. 1859/60. 6. No. 96. 195—196.
Siehe auch:
—, —: Ueber panoramische und ebene Perspektive.
Kr. Z. 1860. 1. 143—145.
—, —: (*13.*) The cylinder lens. 197/198.
Ph. N. 1860. 6. No. 96. 87.
—, —: (*14.*) The fluid orthoscopic lens. 198.
Ph. N. 1860. 5. No. 96. 87—88.
—, —: (*15.*) Double meniscus view lenses. 198.
Ph. N. 1860. 5. No. 96. 88—89.
—, —: (*16.*) Distortion produced by lenses. 198.
Ph. N. 1862. 7. No. 138. 3—5.
—, —: (*17.*) Mr. Ross actinic triplet. 198.
Ph. N. 1863. 8. No. 169. 93.
—, —: (*18.*) Goddard's triplet. 200.
Ph. N. 1864. 9. No. 186. 5—6.
—, —: (*19.*) New meniscus lens. 198/199.
Ph. N. 1864. 9. No. 190. 58—60.
—, —: (*20.*) Ross's doublet. 152. 192.
Ph. N. 1864. 9. No. 209. 325—330.
—, —: (*21.*) Sketch of the history of photographic lenses. 189.
Ph. N. 1866. 11. No. 246. 208—211.
—, —: (*22.*) The central flare spot. 199.
Ph. N. 1868. 12. No. 283. 12—16.
—, —: (*23.*) Sutton's doublet. 199.
B. J. 1869. 16. No. 484. 391—392.
—, —: Nekrolog (Taylor, J. Traill), The late Thomas Sutton, B. A. 195.
B. J. 1875. 22. No. 782. 210—212.
—, —, Siehe auch unter Bow-Sutton'sche Bedingung aberrationsfreier Pupillen.
—, —, Panoramic lens. 55. 171. 173. Triplet. 169. Butterfly diaphragm. 172. Leben und Charakter. 194/195. Eingehen der Phot. Notes. 194. 221. Stellung zum Rechnen 200. Doublet mit planer Kittfläche. 349.
Swift & Son, Verwendung Jenaer Gläser für photographische Objektive. 235.

T.

Talbot, W. H. F.: Some account of the art of photogenic drawing. 143.
London, 1839. 4°.
—, —, Bestreben, das Bild in der Camera obscura zu fixiren. 83. 144. 246.
Taylor, H. D.: (*1.*) A simplified form and improved type of photographic lens. 237/238.
E. P. 22607[93] vom 25. Nov. auf die erste Form der Cooke lens.
—, —: Photographisches Dreilinsenobjektiv.
D.R.P. 81825 vom 26. Jan. 1894 auf die gleiche Erfindung.
—, —: (*2.*) A simplified form and improved type of photographic lens. (Vortrag.) 238/239.
Ph. J. 1894/95. (2.) 19. 64—73.
B. J. 1894. 41. No. 1806. 824—828.
—, —: (*3.*) A simplified and improved form of photographic lens. (Refera nach Journ. Cam. Club.) 239.
Ph. J. 1894/95. (2.) 19. 201—202.
Bezieht sich anscheinend auf das folgende Patent.
—, —: (*4.*) Improvements in certain photographic lenses. 239/240.
E. P. 15107[95] vom .. August auf die verbesserte Form der Cooke lens.
—, —: Photographisches Dreilinsen-Objektiv. Zusatz zum Patente 81825 vom 26. Januar 1894.
D.R.P. 86757 vom 19. Nov. 1895.
—, —: (*5.*) Improvements in certain photographic lenses. 240.
E. P. 1699[99] vom 24. Jan. auf die Umgestaltung der Cooke lens in ein Satzobjektiv.
Siehe auch den Abdruck u. d. Titel:
Improvements in the Cooke lens.
B. J. 1899. 46. No. 2030. 199—200.
—, —, Beziehung zur Firma T. Cooke & Sons. 237. Aelteres Portraitobjektiv. 238/239. Cooke lens, ältere Form. 238. 239; neuere Form. 239. 240. Portraitobjektiv, neuere Form. 240. Satzobjektiv mit Benutzung der Furnell'schen Idee. 240. Mittelbare Antwort auf die Kaempfer'sche Aeusserung wegen der Aenderung der Cooke lens. 241. Streit mit H. Schroeder um die Gültigkeit des Patents auf die Cooke lens. 350.
Taylor, J. Traill: (*1.*) Popular notes

on photographic lenses. Part. II. Landscape lenses. 217.
B. J. 1864. 11. No. 212. 134—135.

Taylor, J. Traill: (2.) The„ good old times" of photography, and modern innovations.† 150. 167.
B. J. 1864. 11. No. 226. 329—330.
Die mit † bezeichneten Artikel sind von J. Traill Taylor, der damals Redakteur des B. J. war, nicht unterzeichnet, doch mit grösster Wahrscheinlichkeit auf ihn zurückzuführen.

—, —: (3.) Non-distorting lenses. — Goddard's researches.† 145. 163. 164.
B. J. 1869. 16. No. 485. 397—398.

—, —: (4.) Portrait lenses.† 274.
B. J. 1869. 16. No. 491. 469—470.

—, —: (5.) A new „rapid" or group lens. 226.
B. J. 1880. 27. No. 1031. 70.

—, —: (6.) Home made lenses. 228.
Herkunft aus J. Traill Taylor's Feder fraglich.
B. J. 1884. 31. No. 1275. 641—642.

—, —: (7.) The lens of the future. 234. 348.
B. J. 1887. 34. No. 1431. 638.

—, —: (8.) Single lenses corrected for architecture. 229.
B. J. 1888. 35. No. 1454. 167—168.

—, —: (9.) Discursive notes on lenses. I. Historical. 211. 214. 215.
B. J. 1890. 37. No. 1578. 482—483; No. 1579. 509—510; No. 1580. 526; No. 1581. 540—541; No. 1582. 558—559.
Siehe auch:
Dallmeyer, Th. R.: Discursive notes on lenses. 214.
B. J. 1890. 37. No. 1579. 509—510; No. 1580. 526; No. 1581. 540; No. 1582. 558—559.

—, —: (10.) The new concentric lens. 234.
B. J. 1892. 39. No. 1669. 273—274.

—, —: (11.) The optics of photography and photographic lenses. 165. 179. 222. 225.
London, Whittaker & Co., 1892. VIII, 244 S. 8° mit 68 Fig.

—, —: Nekrolog. In Memoriam: The late J. Traill Taylor. 221/222.
B. J. 1895. 42. No. 1854. 721 u. 725.
A. J. 1896. 17. 17—19.

—, —, Artikel über J. Petzval. 222. Ansichten über die Satzfassung. 227. Stellung zum Miethe'schen Anastigmaten. 234. Priorität hinsichtlich des Teleobjektivs über Th. R. Dallmeyer. 236.

Taylor, Taylor & Hobson: The Cooke lens. 241.
B. J. 1895. 42. No. 1845. 589.

—, —, Fabrikation der Cooke lens. 241. Vergebung der Licenz an Fr. Voigtländer & Sohn und Balbreck, Ainé & Fils. 241.

Teynard, F.: Du calcul des éléments numériques d'un objectif achromatique simple pour la photographie. 126/127.
C. R. 1867. 64. No. 20. 1013—1017.

—, —, Ertheilung des Bordin'schen Preises. 122. Beziehungen zu L. Secretan. 127.

Thibeaudeau, . ., Heranziehung zu glastechnischen Versuchen. 332.

Thierry J.: Daguerréotypie. 100.
Paris, Lerebours & Secretan, Lyon, chez l'auteur, 1847. 178 S. 8°.
Siehe de l'Objectif. 95—98.

Thiesen, M.: Beiträge zur Dioptrik. 92.
Sitzber. Berl. Akad. 1890. 799—813, auch als S.-A.

Toepfer, R., Urtheil über verschiedene Poliermethoden. 119.

Torné, . . (abbé): Appareil pour obtenir des épreuves de grandeur naturelle. 92. 120.
B. S. F. 1858. 4. 31—32.

Towson, J. T.: (1.) On the proper focus for the daguerreotype. 144.
Phil. Mag. 1839. (3.) 15. No. 97. 381—385.

—, —: (2.) Nimmt an der Diskussion Theil. 144.
B. J. 1858. 5. 82.

—, —, Ansichten über die aktinische Wirkung einfacher und zusammengesetzter Objektive. 102. 144. Ansichten über Absorption im Crownglas. 145.

Turner & Reich, Fünftheiliges Objektiv. 244/245.

U.

Uchatius, Fr.: Apparat zur Darstellung beweglicher Bilder an der Wand. 277.
W. B. 1853. 10. 482—485 m. 1 Taf.

Utzschneider, J.: Brief an H. C. Schumacher vom 26. April 1829. 328. 330.
A. N. 1829. 7. No. 163. 377—380.

—, —, Lebensbeschreibung. 283. s. u. C. M. von Bauernfeind (1.) und L. Loewenherz (2.) 407—408.

—, —, Bedeutung für die Münchener Optik durch die Berufung von J. Fraunhofer und P. L. Guinand. 283. Engagement P. L. Guinand's. 326/327. Zuziehung J. Fraunhofer's

zu der Glasbereitung. 327. Stellung zu J. FRAUNHOFER's glastechnischen Verdiensten. 330. Tod. 331.

V.

Valenta, E. s. u. J. M. Eder. (5.)

de Valicourt, Ed.: Nouveau manuel simplifié de photographie sur verre, albumine, et collodion. 100.
Paris, RORET, 1861. 308 S. 12°.
Siehe Des objectifs. 21—25.

Varley, . ., Beschreibung der Collen lens. 151.

Vogel, H. C.: Die Lichtabsorption als maassgebender Factor bei der Wahl der Dimension des Objectivs für den grossen Refractor des Potsdamer Observatoriums. 397.
Sitzber. Berl. Akad. 1896. 2. 1219—1231.

Vogel, H. W.: (1.) Ueber die sogenannten fortsetzenden Strahlen. 103. 104.
Ph. M. 1873/74. 10. No. 109. 10—13.

—, —: (2.) Ueber Prüfung neuerer Linsen. 319.
Ph. M. 1878/79. 15. No. 179. 280—282.

Voget, O.: Pantoskope von E. Busch. 289.
Ph. C. 1866. 3. No. 19. 24—26.

Voigtländer, Fr.: (1.) Beschreibung des VOIGTLÄNDER'schen Apparates zur Darstellung photographischer Porträte, nach der Berechnung des Hrn. Professor Dr. PETZVAL. (Aus den Verh. d. niederösterr. Gewerbever. 1841. 5. Heft.) 254.
D. J. 1842. 83 = (2.) 33. 187—191.

— und Sohn: (2.) Galiläische Perspective neuer Art mit achromatischen Ocularen und Objectiven zum Gebrauche im Theater und im Freien. Nach der Berechnung des Herrn Prof. Dr. PETZVAL. 256.
Pogg. Ann. 1844. (3) 2. 159—160.
D. J. 1844. 92 = (2) 42. 472.

—, —: (3.) Akademiker Professor Dr. JOSEPH PETZVAL in Wien beleuchtet vom Optiker VOIGTLÄNDER in Braunschweig. Eine Streitschrift über das von Herrn Professor Dr. PETZVAL angeblich „neu berechnete" Landschafts-Objectiv. 249. 250. 255. 258. 260. 273. 274.
Braunschweig, FR. VIEWEG & SOHN, 1859. 113 S. gr. 8°.
Diese Publikation enthält den englisch geführten Briefwechsel zwischen. J. PETZVAL (durch P. PRETSCH's Vermittelung) und FR. VOIGTLÄNDER in englischem Neudruck und deutscher Uebersetzung. Dem Charakter der Schrift entsprechend sind die Theile der Briefe bevorzugt, welche polemisches Interesse bieten. Mit hierher gehört:

Sur les nouvelles lentilles du professeur PETZVAL.
(Traduction d'une lettre adressée par M. PETZVAL à M. PAUL PRETSCH.)
B. S. F. 1858. 4. 237—240.

Voigtländer, Fr.: (4.) Schreiben an An. Martin. 271.
Ph. C. 1868. 5. No. 47. 115.

—, —, Lebensbeschreibung s. u. Anonymus F. X. M Erhält die silberne Medaille der Société d'encouragement. 99. Konkurrenz gegen C. DIETZLER und J. PETZVAL. 162 Seine Beziehungen zu J. PETZVAL. 249. 255/256. Erste Kamera für das Portraitobjektiv. 252. Zweite Kamera für die Dreizöller. 254/255. Ausführung der PETZVAL'schen Landschaftslinse (des Orthoskops). 259/260. Daten über seine Vorfahren und sein Leben. 271. Verwendung der Vorderlinse des Portraitobjektivs als Landschaftslinse. 272. Verlegung der Werkstätte nach Braunschweig. 272. Herausgabe der Fünfzöller. 273. Einstellskala der mit Fokusdifferenz behafteten Portraitobjektive. 273. Durchführung der Achromasie bei den Portraitobjektiven. 273/274. 339. Zweites lichtstarkes Portraitobjektiv. 274. Einführung der Schieberblenden. 274. Stellung zur panoramic lens. 274/275. Uebernahme der Periskoplicenz von A. STEINHEIL. 288. Rücktritt und Tod. 318. Kabinettobjektiv PETZVAL'scher Konstruktion. 318.

von Voigtländer, Fr.: (1.) Symmetrical photographic lenses. 318. 320.
E. P. 1938⁷⁷ vom 17. Mai auf das Euryskop.
Auch abgedr. u. d. Titel:

—, —: Improvements in photographic lenses.
B. J. 1878. 25. No. 926. 49—50.
Citirung im Text vergessen.

—, —: (2.) Neuerungen in der Construction von Doppelobjectiven für photographische Apparate. 276.
D.R.P. 5761 vom 14. Nov. 1878 auf ein Portraitobjektiv mit verkitteter Hinterlinse.
Siehe auch J. M. Eder. 1. 125—126.

—, —: Improvements in the PETZVAL portrait lens.
E. P. 4756⁷⁸ vom 22. Nov. auf den gleichen Gegenstand durch G. W. VON NAWROCKI.

—, —: (3.) Einführung der neuen Jenenser Gläser in die photographischen Objective. 354.
Ph. M. 1888/89. 25. 185—186.

—, —: (4.) Improvements in photographic objectives. 387.
E. P. 18157⁹⁷ vom 4. Aug. auf eine viertheilige Einzellinse.

Auszug daraus siehe u. d. Titel:
VOIGTLÄNDER's improved lens.
B. J. 1897. 44. No. 1958. 729.

von Voigtländer, Fr.: Collinearpatente s. u. D. KAEMPFER.

—, —, Uebernahme der Licenz der Cooke lens unter dem Namen des Triple-Anastigmaten 241. Uebergang der optischen Anstalt in eine Aktiengesellschaft. 241. Aufnahme eines alten lichtstarken Typus. 274. Uebernahme der Firma. 318. Herausgabe des Euryskops. 318. 319. Herausgabe des Portraitobjektivs mit verkitteter Hinterlinse. 276. 319. Ausführung des Objektivs mit acht reflektirenden Flächen. 319. Herausgabe des PETZVAL-Objektivs nach J. H. DALLMEYER. 277. 319. Streit mit MURRAY & HEATH um die Neuheit des Euryskops. 320. Beziehungen zu A. MIETHE. 352. Einführung der neuen Glasarten in alte Typen. 355. Uebernahme der Anastigmatlicenz. 366. Einigung mit R. STEINHEIL über die Ausführung des Collinears, Typus I. 384. Collinearsätze nach dem Muster der ZEISS'schen. 384/385. Aufgabe des Collinears, Typus II und seiner Zusammensetzung. 386. Viertheilige Einzellinse. 387.

Voit, E.: JOSEPH VON FRAUNHOFER. 283. 283/284. 331.
Bayer. Ind.- u. Gew.-Blatt 1887. 6. No. III
Auch S.-A. 20 S. gr. 8°.
Enthält auf S. 2 sehr eingehende Litteraturnachweise.

—, — s. auch unter A. STEINHEIL. (19.)

W.

Wächter, P.: Beziehungen zu E. VON HÖEGH, 375.

Waibl, . . ., Verbindung mit J. PETZVAL. 257.

Wallon, E.: (1.) Traité élémentaire de l'objectif photographique. 134.
Paris, GAUTHIER-VILLARS ET FILS 1891. VII, 299 S. gr. 8°.

—, —: (2.) Choix et usage des objectifs photographiques. 139.
Paris, GAUTHIER-VILLARS ET FILS, o. J. (anscheinend 1893). 196 S. 16°.

—, —: (3.) Lentille d'étude. 140.
B. S. F. 1894. (2.) 10. 337-345; 378.

—, —: (4.) Hommage à M. Mantois. 338.
B. S. F. 1896. (2.) 12. 528.

—, —, Stellung zu AD. MARTIN. 136. 139. Kurse auf dem Gebiete der rechnenden Optik. 139. Ertheilung der Medaille de Salverte. 141. Vorlegung französischer Objektive vor der Société Française. 141.

Waterhouse, J.: Diaphragms for a portrait combination. 167.
Ph. J. 1857/58. 4. No. 68. 258—259.

Webster, G. W.: Suggestion for a uniform system in numbering diaphragms. 219.
B. J. 1872. 19. No. 644. 423—424.

Weiske, A.: (1.) Ueber die Bestimmung der Brennweite und des Gesichtswinkels zusammengesetzter Objektive. 278.
Ph. A. 1866. 7. No. 100. 65—70.

—, —: (2.) Bemerkungen und Berichtigungen zu einigen Aufsätzen über Brennweiten. 278.
Ph. A. 1867. 8. No. 124. 61—65.

—, —, Beziehung zu P. E. LIESEGANG. 278. Streit mit C. MIERSCH und CAREY LEA. 278.

Wenham, F. H.: (1.) Achromatisirtes Periskop. 160/161.
Ph. J. 1857/58. 4. No. 61. 111—112

—, —: (2.) The new lens. 213.
B. J. 1874. 21. No. 762. 597; No. 764. 621
1875. 22. No. 766. 22.

Werge, J., Brief von W. J. HERSCHEL. 145.

van der Weyde, H.: Improvements in photography. 237.
E. P. 11175[92] vom 14. Juni auf Einschaltung von Cylinder- und anderen nicht sphärischen Linsen in den Strahlengang eines photographischen Objektivs.
Siehe auch:
The Photo Corrector.
B. J. A. 1894. 857—859.

—, —: Verfahren zur Hervorbringung einer stellenweisen oder allgemeinen Grössenänderung des Bildes beim Photographieren.
D.R.P. 73828 vom 3. Nov. 1892.
Abdruck unter gleichem Titel:
Ph. M. 1894/95. 31. 32—35. 50—51.
Siehe auch:

—, —: The pictorial modification of photographic perspective. (Soc. of Arts.)
B. J. 1893. 40. No. 1722. 276—278.

—, —, ist nicht als Vorgänger für das Anamorphotpatent anzusehen. 395.

Wilsing, J.: Ueber die Lichtabsorption astronomischer Objective und über photographische Photometrie. 397.
A. N. 1897. 142. No. 3400. 241—252.

Wolcott, A. J., Spiegelkamera. 146. s. a. J. F. SACHSE. (2.)

Wollaston, W. H.: (1.) On an improvement in the form of spectacle glasses. 87.
Phil. Mag. 1804. (1.) 17. . . .

Wollaston, W. H.: (2.) On a periscopic camera obscura and microscope. 88.

Philos. Trans. 1812. II. 370—377.

—, —, Camera lucida. 90.

Wray, W.: (1.) Improvements in achromatic object glasses. 181.

E. P. 920[66] vom 31. März auf flüssige oder halbflüssige Linsen zur Korrektion des sekundären Spektrums.

—, —: (2.) New Jena glass lenses. 235.

B. J. 1890. 37. No. 1598. 730.

Y.

Yeoman, I.: ARCHER's fluid lenses. 156.

Ph. J. 1858/59. 5. No. 80. 220—221.

Z.

Zeiss, C., Tripletpatent s. u. E. ABBE (3.), andere photogr. Patente unter P. RUDOLPH.

—, —, Ertheilung der Anastigmatlicenzen. 141. 234. 366. Daten über sein Leben. 323/324. Beziehungen zu M. J. SCHLEIDEN. 323. FR. W. BARFUSS. 324. E. ABBE. 324. Aehnlichkeit mit J. T. Goddard. 323/324. Betheiligung an der Gründung des Glaswerks. 338. Freiwillige Aufgabe des Anamorphotpatents. 395.

Zeiss, R., Sohn von C. ZEISS. Betheiligung an der Gründung des Glaswerks. 338.

Zentmayer, J.: On lenses. (Second part of a lecture delivered On Lenses at the Franklin Institute.) 224.

B. J. 1876. 23. No. 847. 355—356; No. 850. 389—390; No. 852. 414—415; No. 853. 426.

—, —, Stellung zu ALPH. DARLOT. 123. Stellung seines Satzobjektivs zum STEINHEIL'schen Periskop sowie zur globe lens und ratio lens. 179. Satzobjektiv mit scheinbarer chromatischer Korrektion. 180. Stellung zu H. MORTON. 222/223.

Zinken genannt Sommer, H.: (1.) Ueber die Berechnung der Bildkrümmung bei optischen Apparaten. 270. 314.

Pogg. Ann. 1864. 122. 563—574.

—, —: (2.) Untersuchungen über die Dioptrik der Linsen-Systeme. 275. 287. 314.

Braunschweig, FR. VIEWEG & SOHN, 1870. VIII, 162 S. 8°.

—, —, Widerspruch gegen die STEINHEIL'sche Forderung des Zusammenfallens der Hauptpunkte. 287. Leben. 313. Promotionsschrift. 313. Lösung des CLAUDET'schen Schärfenproblems. 313/314. Einfluss der LISTING'schen Ideen. 314. Aberrationsfreiheit der Hauptpunkte. 314. Berücksichtigung endlich geöffneter Blenden. 314. Chromatische Korrektion. 314/315. Achromasie der Brennweite für eine einfache Linse. 315. Modifikationen des PETZVAL-Objektivs nach J. H. DALLMEYER's Art. 275. 315. Durch Verkittung der Hinterlinse. 276. 315/316. Stellung in der Optik. 316. Vermuthlicher Autor des Objektivs mit acht reflektirenden Flächen. 319.

Zschokke, W.: Das Prüfen photographischer Objective. 142.

Ph. C. 1896. 33. No. 433. 477—482.

Siehe auch den Artikel gleichen Inhalts:

Loehr, M.: Prüfungsverfahren photographischer Objective, angewandt von STEINHEIL in Paris.

E. J. 1897. 11. 201—209.

Berichtigung.

Auf Seite 17, Zeile 1 von oben lies: $\varkappa = m\gamma > 1$ anstatt $x = m\gamma > 1$.

Bemerkungen zu den Figurentafeln.

Sämmtliche Objektivtypen und Kurvendarstellungen sind in einem unter sich gleichen Maassstabe gezeichnet.

Die Objektivtypen selbst sind auf $f = 100$ mm reducirt und in natürlicher Grösse dargestellt.

Flintglas ist durchweg nach rechts ansteigend ////,
altes (niedrig brechendes) Crownglas absteigend \\\\,
neues (hoch brechendes) Crownglas axenparallel ≡ gestrichelt.

Was die Kurvendarstellungen angeht, so sind sie erhalten auf Grund trigonometrischer Durchrechnung in der Regel mit 5stelligen Tafeln; nur da, wo ganz kleine Incidenzwinkel auftraten, wurden 6stellige Tafeln benutzt.

Die Rechnung wurde stets durchgeführt nach den in der namhaft gemachten Quelle angegebenen Daten, erst dann wurden die Konstruktionsdaten und die Resultate der Rechnung auf $f = 100$ mm gebracht. Etwaige Kontrollrechnungen werden zweckmässig in gleicher Weise anzusetzen sein.

Auf diese Quellen wird man auch zurückzugehen haben, wenn sich in der Zeichnung und den angegebenen Daten merkliche Abweichungen vorfinden.

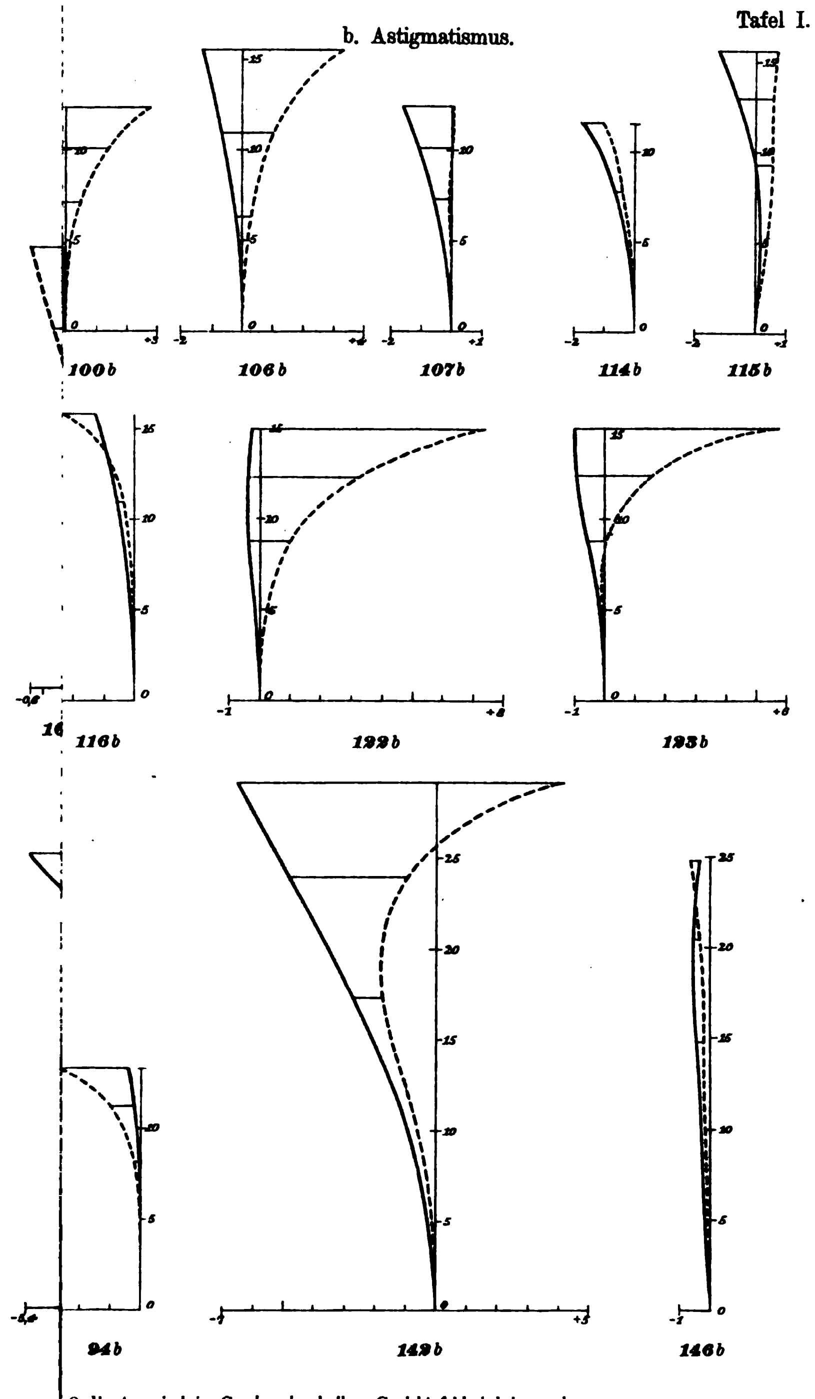
Die die Rechnung bestimmenden Anfangswerthe, d. h. für die sphärischen Aberrationen die Einfallshöhen h, die objektseitigen Neigungswinkel ω für die astigmatischen Abweichungen, wurden durch Parallele zur x-Axe kenntlich gemacht.

Der Vorgang bei der Kurvenziehung war der, dass die Werthe der Rechnung auf Millimeterpapier eingetragen wurden, und zwar gilt als Maassstab nach der hier vorgenommenen Reduktion für 1 mm Einfallshöhe (Ordinate der a-Kurven) 4 mm, für 0,5 mm sphärische Aberrationen (Abscisse der a-Kurven) 10 mm; für 5^0 objektseitigen Neigungswinkels (Ordinate der b-Kurven) 12 mm, für 1 mm Einstellungsabweichung der schiefen Büschel (Abscisse der b-Kurven) 4 mm.

Durch Rechnung gefunden sind nur die durch die Horizontallinien markirten Werthe; die Kurven sind danach interpolirt. Das Objekt wurde stets im Unendlichen vorausgesetzt.

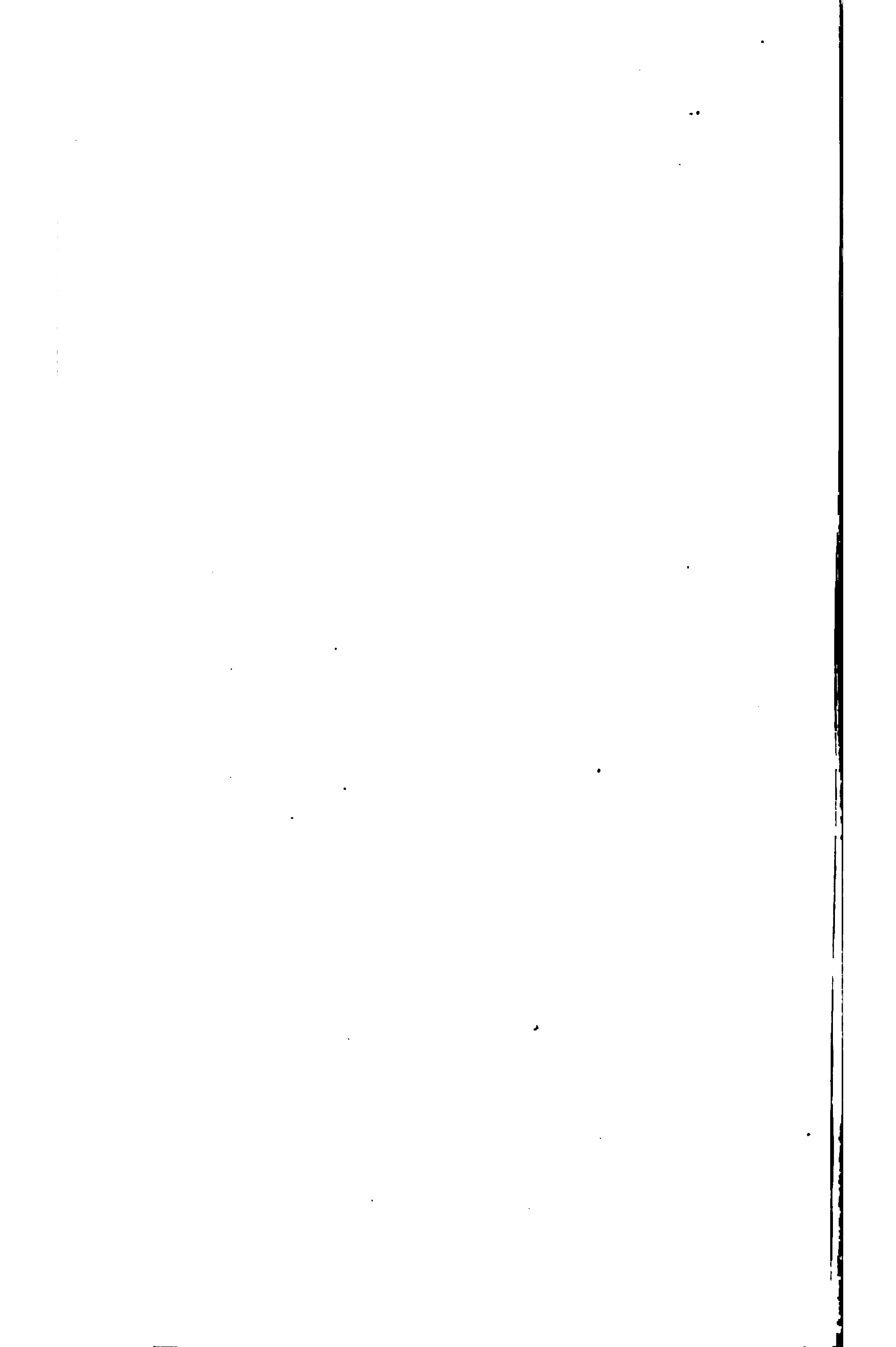
Bei der Besprechung der Figuren im Text sind die äussersten Werthe von h und ω nur nach ungefährer Schätzung angegeben worden. Genauer lassen sich dieselben unter Berücksichtigung der angegebenen Maasszahlen aus den Tafeln entnehmen.

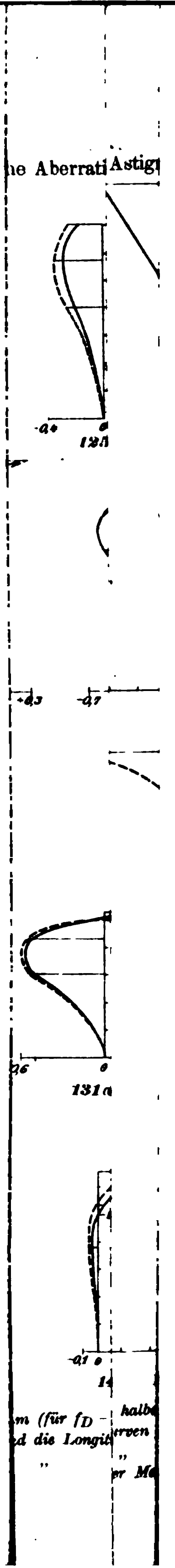
b. Astigmatismus.



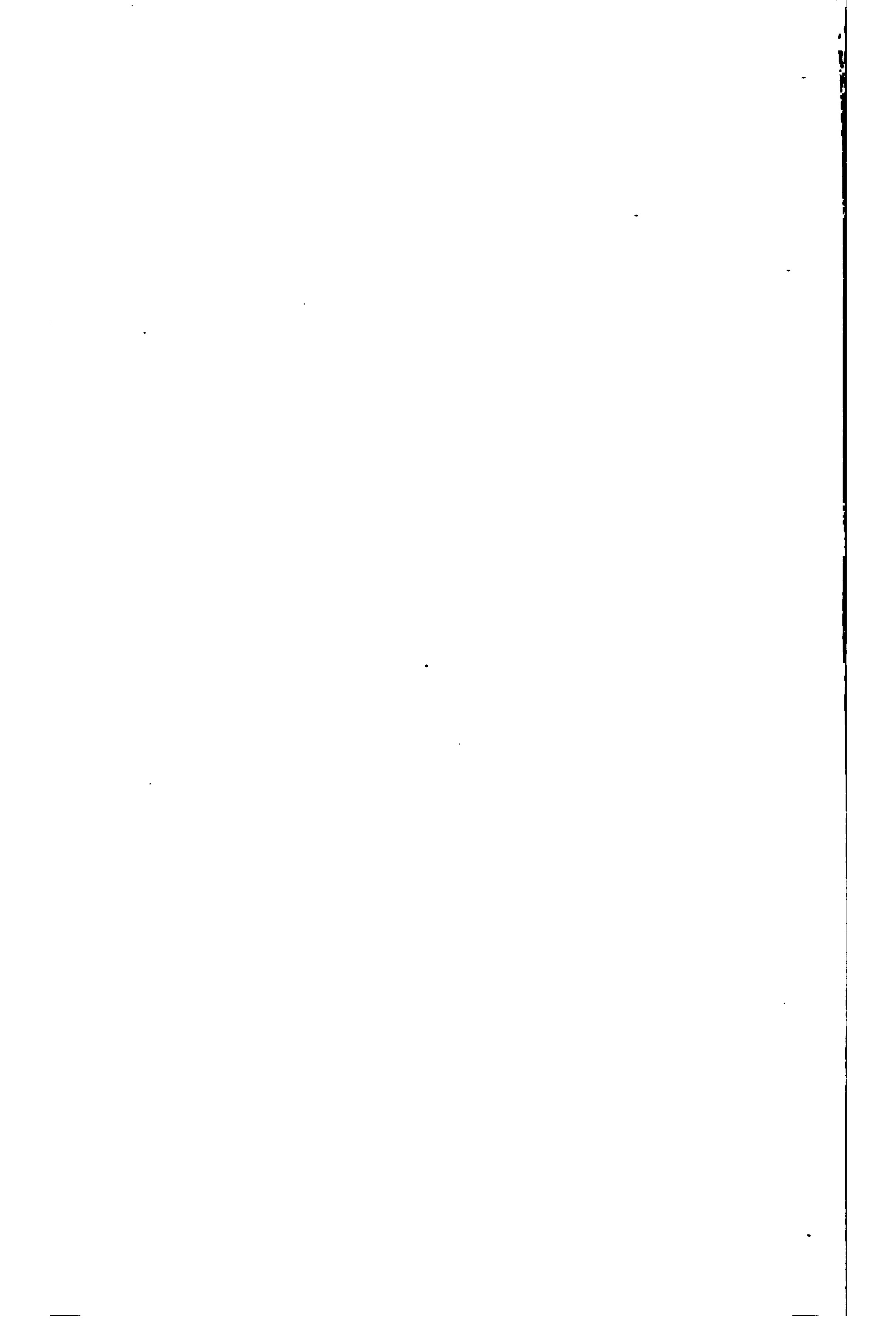
Ordinaten sind in Graden des halben Gesichtsfeldwinkels gegeben.
Abscissen der ausgezogenen Kurven geben in mm die zur Einstellung auf die sagittalen
„ „ gestrichelten „ „ „ „ „ „ „ „ meridionalen
chel notwendige Verschiebung der Mattscheibe von dem Brennpunkte aus.

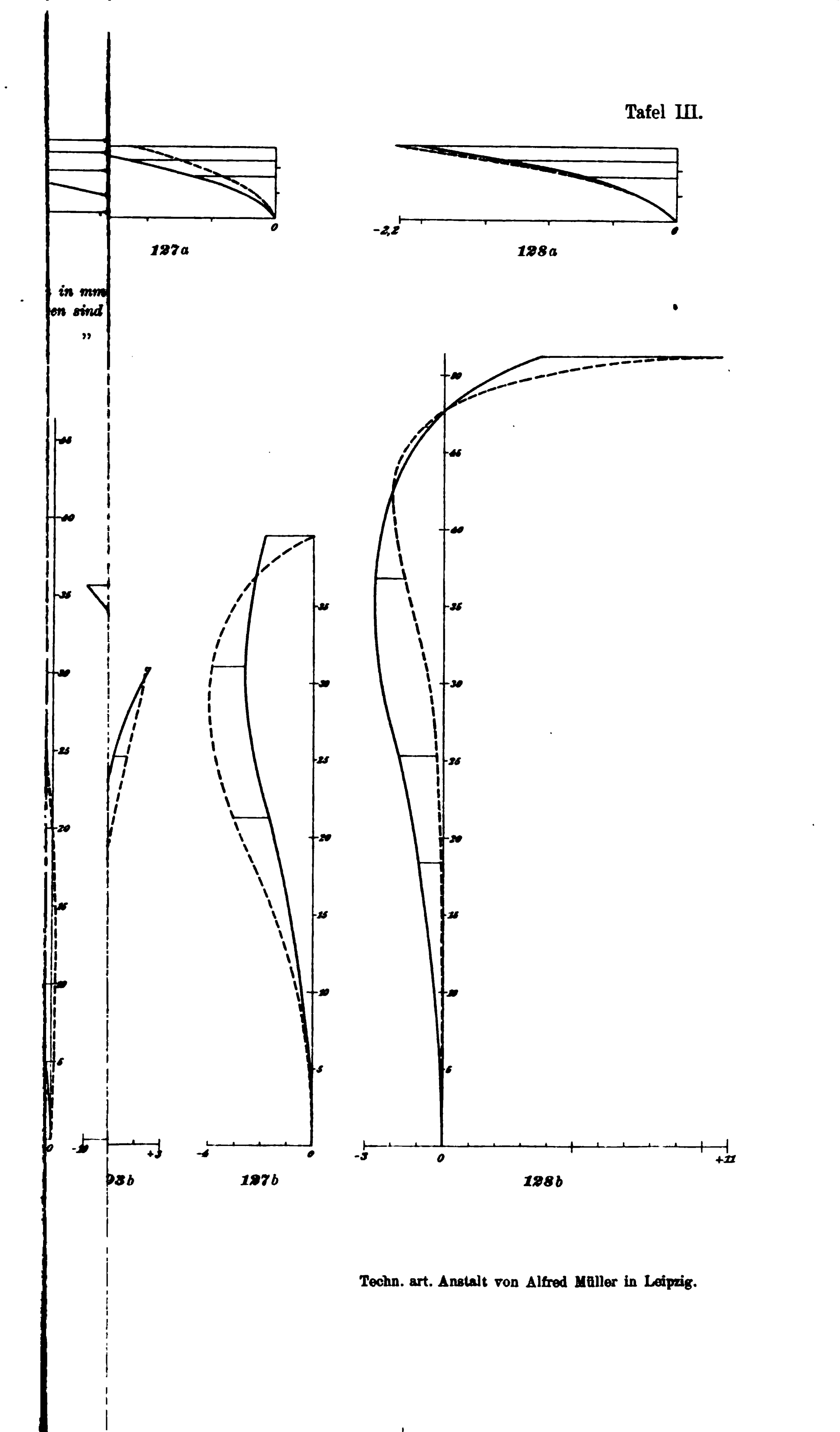
Techn. art. Anstalt von Alfred Müller in Leipzig.



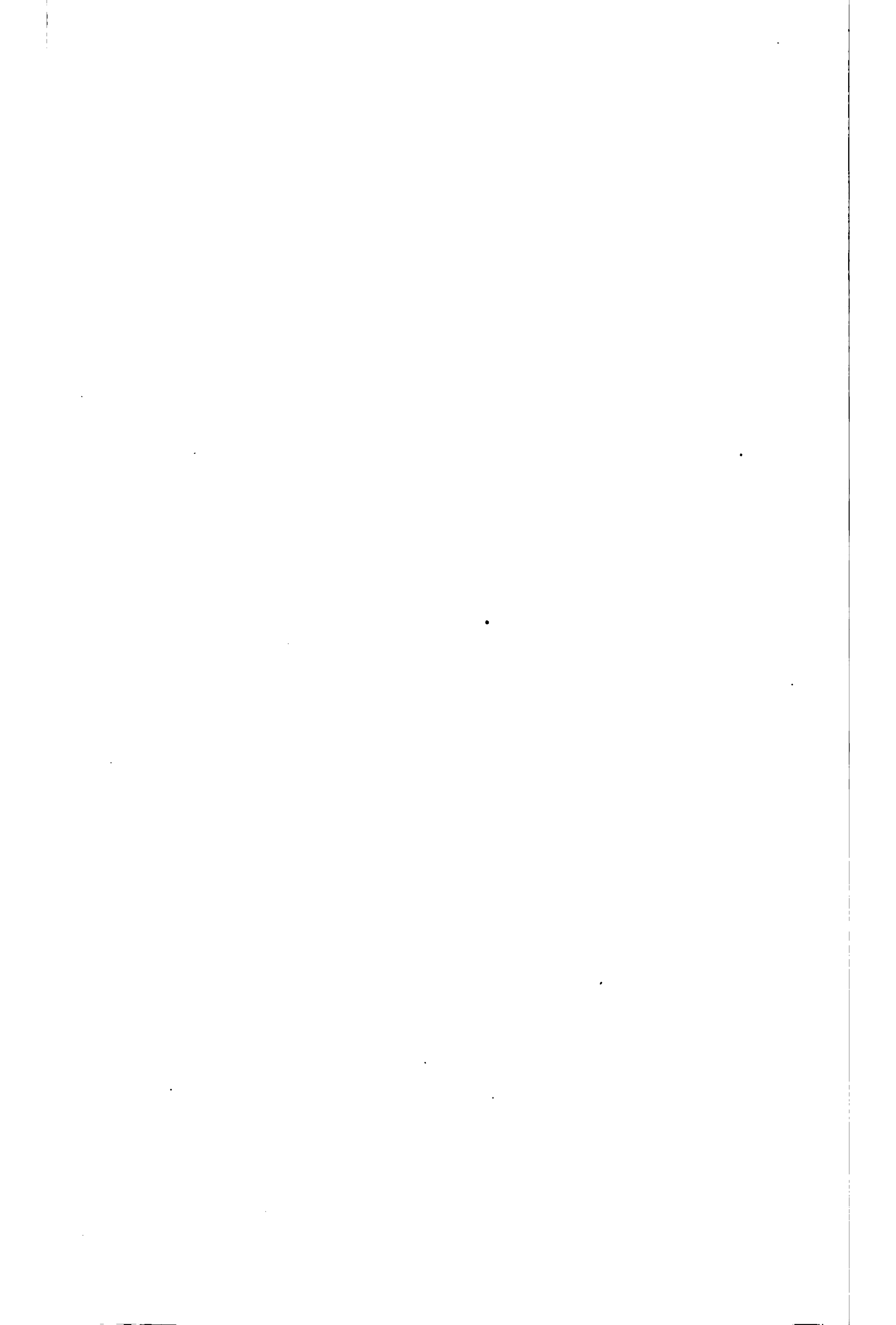


m (für f_D – halb
d die Longit erven
,, ,,
er M

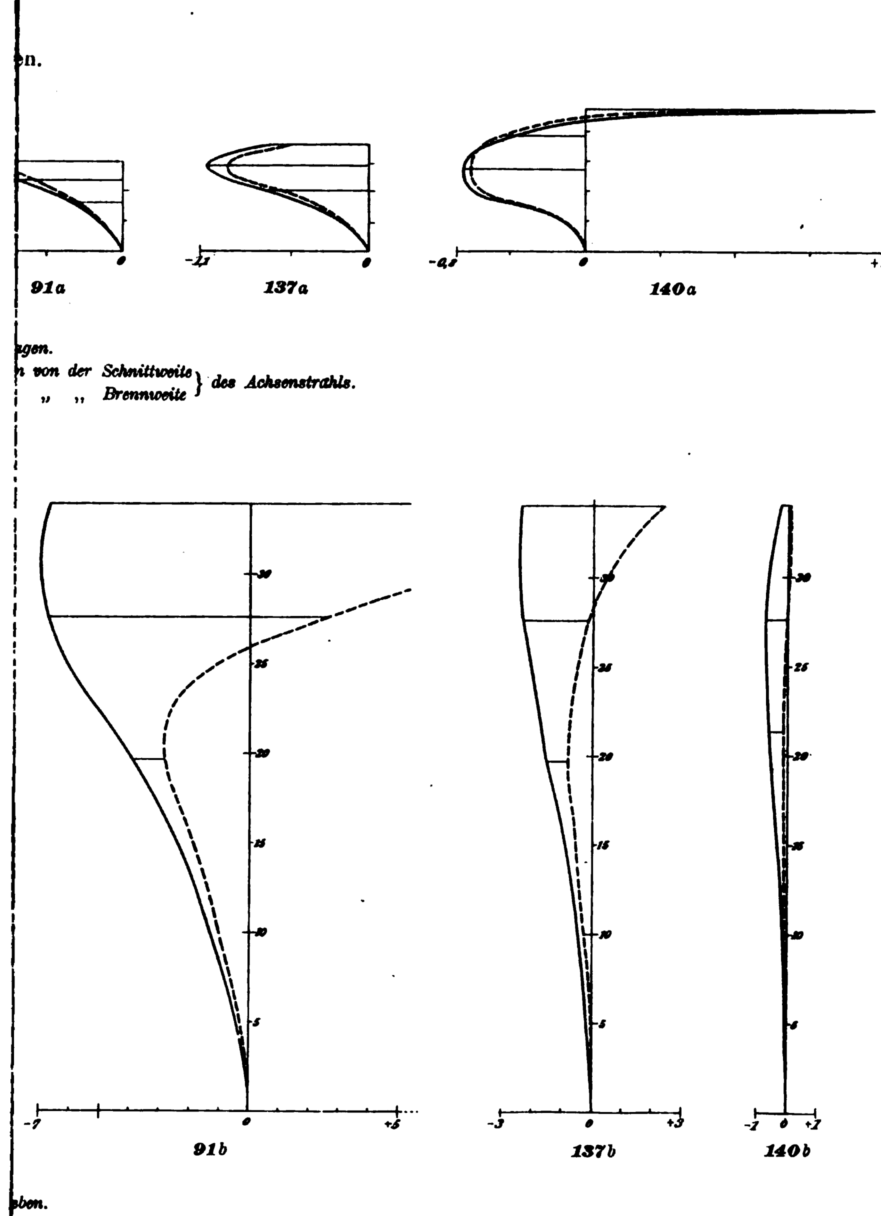




Techn. art. Anstalt von Alfred Müller in Leipzig.



Tafel IV.



ben.
stellung auf die sagittalen
" " " meridionalen
unkte aus.

Techn. art. Anstalt von Alfred Müller in Leipzig.

